

TRABAJO DE GRADO

**ANÁLISIS DE CONTROL PRESUPUESTAL DE UNA OBRA DE VIVIENDA DE
INTERÉS SOCIAL, MEDIANTE METODOLOGÍA BIM Y COMPARANDO CON
EL MÉTODO TRADICIONAL CAD. ESTUDIO DE CASO PROYECTO SAN
NICOLAS UBICADO EN EL DORADO META**

PRESENTADO POR: ING. DANIEL FELIPE OJEDA ALVAREZ

TUTOR: ING. OLGA LUZ ATENCIA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE OBRAS

BOGOTÁ D.C.

MAYO DE 2021

TRABAJO DE GRADO

**ANÁLISIS DE CONTROL PRESUPUESTAL DE UNA OBRA DE VIVIENDA DE
INTERÉS SOCIAL, MEDIANTE METODOLOGÍA BIM Y COMPARANDO CON
EL MÉTODO TRADICIONAL CAD. ESTUDIO DE CASO PROYECTO SAN
NICOLAS UBICADO EN EL DORADO META**

PRESENTADO POR: ING. DANIEL FELIPE OJEDA ALVAREZ

CODIGO: 551541

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE OBRAS**

ASESOR: ING. OLGA ATENCIA

Msc. INFRAESTRUCTURA VÍAL

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE OBRAS

BOGOTÁ D.C.

MAYO 2021



Atribución-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the [license](#). [Advertencia:](#)

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia](#).

DEDICATORIA

Este trabajo de grado se lo dedico a mis padres que han creído en mi desde siempre, y a mi compañera de vida que fue la persona en darme el apoyo para realizar esta especialización.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de grado ha podido ser desarrollado gracias a Dios que me ha dado la fuerza y valentía, a mi esposa quien ha sido mi gran aliento en todos los momentos difíciles que he vivido durante este tiempo de estudio, a mi compañero Camilo Cabrera Torres que por obligaciones ajenas a su voluntad tuvo que dejar de estudiar y a la ingeniera Olga Luz Atencia que siempre fue mi apoyo.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	11
1. GENERALIDADES.....	13
1.1. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	13
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	14
1.2.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	15
1.2.3. VARIABLES DEL PROBLEMA	15
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	15
2. OBJETIVOS.....	17
2.1. Objetivo general.....	17
2.1.1. Objetivos específicos.....	17
3. MARCOS DE REFERENCIA	18
3.1. MARCO CONCEPTUAL	18
3.2. MARCO TEÓRICO	20
3.3. MARCO JURÍDICO	22
3.4. MARCO GEOGRÁFICO.....	24
3.5. ESTADO DEL ARTE.....	26
4. METODOLOGÍA	31
4.1. FASES DEL TRABAJO DE GRADO.....	31
4.2. INSTRUMENTOS Y HERRAMIENTAS	33
4.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	33
4.4. ALCANCES	33
4.5. RESULTADOS ESPERADOS	34
4.6. CRONOGRAMA	36
4.7. PRESUPUESTO	37
5. PRODUCTOS A ENTREGAR.....	38
5.1. LIMITACIONES	38
6. ENTREGA DE RESULTADOS.....	39
6.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	39
6.2. PRESUPUESTO ORIGINAL DE UNIDAD DE VIVIENDA, METODOLOGÍA TRADICIONAL ...	40

6.3.	PLANIMETRÍA ORIGINAL POR UNIDAD DE VIVIENDA, METODOLOGÍA TRADICIONAL..	44
6.4.	CRONOGRAMA ORIGINAL POR UNIDAD DE VIVIENDA, METODOLOGÍA TRADICIONAL	45
6.5.	PRESUPUESTO MODIFICADO POR UNIDAD DE VIVIENDA, METODOLOGÍA BIM (REVIT)	48
6.6.	PLANIMETRÍA MODIFICADA POR UNIDAD DE VIVIENDA, DESARROLLADA MEDIANTE BIM REVIT	52
6.7.	CRONOGRAMA DE OBRA Y CONSTRUCCIÓN POR UNIDAD DE VIVIENDA, DESARROLLADA CON METODOLOGÍA BIM	54
6.8.	PROCESOS INVOLUCRADOS	57
6.8.1.	ANÁLISIS DE COSTES PRESENTADO MEDIANTE METODOLOGÍA CAD CON RESPECTO A METODOLOGÍA BIM	57
6.8.2.	ANÁLISIS DE COSTES PRESENTADO MEDIANTE METODOLOGÍA CAD CON RESPECTO A METODOLOGÍA BIM	62
6.8.3.	ELABORACIÓN Y DESARROLLO DEL CRONOGRAMA	65
6.8.4.	ANÁLISIS DE TIEMPO DE ACTIVIDADES (CRONOGRAMA) PRESENTADO MEDIANTE METODOLOGÍA CAD CON RESPECTO A METODOLOGÍA BIM	68
6.8.5.	CONSTRUCCIÓN Y VISUALIZACIÓN DE PLANIMETRÍA	72
6.8.6.	ANÁLISIS DE MODELOS PLANIMETRICOS MEDIANTE METODOLOGÍA CAD CON RESPECTO A METODOLOGÍA BIM	73
6.9.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS METODOLOGÍAS UTILIZADAS	75
6.10.	APORTE DE LOS RESULTADOS A LA GERENCIA DE OBRAS	76
6.11.	COMO SE RESPONDE A LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	77
7.	NUEVAS ÁREAS DE ESTUDIO	80
8.	CONCLUSIONES	81
9.	BIBLIOGRAFÍA	83

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. MODELO DE SEGUIMIENTO EN PROYECTOS BIM.....	12
FIGURA 2. PANORAMA BIM EN LATINOAMÉRICA	23
FIGURA 3. URBANIZACIÓN (TOMA 1) SAN NICOLAS-EL DORADO META	24
FIGURA 4. URBANIZACIÓN (TOMA 2) SAN NICOLAS-EL DORADO META	25
FIGURA 5. DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO	25
FIGURA 6. CRONOGRAMA TRABAJO DE GRADO.....	36
FIGURA 7. PRESUPUESTO DEL TRABAJO DE GRADO.....	37
FIGURA 8. PRESUPUESTO ORIGINAL (PARTE 1)	40
FIGURA 9. PRESUPUESTO ORIGINAL (PARTE 2)	40
FIGURA 10. PRESUPUESTO OFICIAL (PARTE 3).....	41
FIGURA 11. PRESUPUESTO OFICIAL (PARTE 4).....	41
FIGURA 12. PRESUPUESTO OFICIAL (PARTE 5).....	42
FIGURA 13. PRESUPUESTO OFICIAL (PARTE 6).....	42
FIGURA 14. PRESUPUESTO OFICIAL (PARTE 7).....	43
FIGURA 15. PLANOS ORIGINALES (PARTE 1).....	44
FIGURA 16. PLANOS ORIGINALES (PARTE 2).....	44
FIGURA 17. PLANOS ORIGINALES (PARTE 3).....	45
FIGURA 18. CRONOGRAMA ORIGINAL (PARTE 1).....	46
FIGURA 19. CRONOGRAMA ORIGINAL (PARTE 2).....	46
FIGURA 20. CRONOGRAMA ORIGINAL (PARTE 3).....	47
FIGURA 21. CRONOGRAMA ORIGINAL (PARTE 4).....	47
FIGURA 23. PRESUPUESTO MODIFICADO (PARTE 1).....	48
FIGURA 24. PRESUPUESTO MODIFICADO (PARTE 2).....	49
FIGURA 25. PRESUPUESTO MODIFICADO (PARTE 3).....	50
FIGURA 26. PRESUPUESTO MODIFICADO (PARTE 4).....	51
FIGURA 27. PLANIMETRÍA MODIFICADA REVIT (PARTE 1).....	52
FIGURA 28. PLANIMETRÍA MODIFICADA REVIT (PARTE 2).....	52
FIGURA 29. PLANIMETRÍA MODIFICADA REVIT (PARTE 2).....	53
FIGURA 30. PLANIMETRÍA MODIFICADA REVIT (PARTE 3).....	53
FIGURA 31. PLANIMETRÍA MODIFICADA REVIT (PARTE 4).....	54
FIGURA 32. PLANIMETRÍA MODIFICADA REVIT (PARTE 5).....	54
FIGURA 33. CRONOGRAMA MODIFICADO (PARTE 1).....	55
FIGURA 34. CRONOGRAMA MODIFICADO (PARTE 2).....	55
FIGURA 35. CRONOGRAMA MODIFICADO PARTE 3.....	56
FIGURA 36. CRONOGRAMA MODIFICADO PARTE 4.....	56
FIGURA 37. ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO SEGÚN BIM.....	59
FIGURA 38. TOMA DE PRESUPUESTO ORIGINAL.....	60
FIGURA 39. CANTIDADES EN AUTODESK REVIT	61
FIGURA 40. CANTIDADES DE OBRA EN REVIT.....	62
FIGURA 41. ANÁLISIS PRESUPUESTO ORIGINAL.....	63
FIGURA 42. ANÁLISIS PRESUPUESTO MODIFICADO	64
FIGURA 43. CONSTRUCCIÓN DEL CRONOGRAMA	66

FIGURA 44. CREACIÓN DE CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES (NAVISWORK)	67
FIGURA 45. PLANIMETRÍA AUTODESK REVIT	69
FIGURA 46. CRONOGRAMA DE OBRA EN NAVISWORKS	70
FIGURA 47. DURACIÓN DE OBRA MEDIANTE NAVISWORKS	70
FIGURA 48. CRONOGRAMA MODIFICADO MEDIANTE METODOLOGÍA BIM	71
FIGURA 49. CRONOGRAMA APOYADO DE NAVISWORKS	71
FIGURA 50. MODELOS PLANIMÉTRICOS DE CONSTRUCCIÓN	72
FIGURA 51. ANÁLISIS MODELAMIENTO CAD	73
FIGURA 52. ANÁLISIS DE MODELAMIENTO EN REVIT	74

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO SUJETO A ANÁLISIS.....	39
--	----

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años en Colombia los proyectos que involucran obras de construcción de cualquier índole, han presentado una serie de problemas internos al momento de entrega y revisión de planteamiento técnicos. De acuerdo a los estándares de calidad que hoy en día se llevan a cabo, los problemas inician en la fase de prefactibilidad y factibilidad de los proyectos, es decir desde el instante en que se efectúa el contrato y su posterior etapa de diseño. Todos estos problemas que se perciben, pero no se solucionan generan un impacto negativo en las fases posteriores del proyecto, visiblemente desarrollados en la fase de construcción. Todo esto dando oportunidad y desenlace a suspensiones, prorrogas y plazos en la ejecución del proyecto que son derivaciones de costos más elevados para la obra.

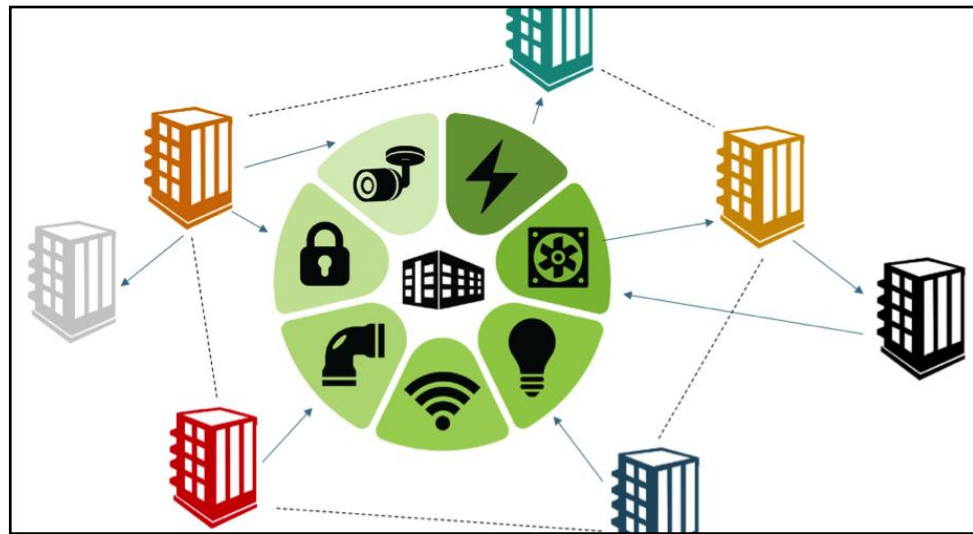
El diseño y gestión de proyectos de construcción actualmente son ejecutados mediante la metodología tradicional CAD, esta metodología que, aunque no es tan antigua posee una serie de dificultades en aspectos de riesgos y comunicación, y carece de recursos para el proceso de control de tiempos y costos de ejecución. Por todo lo planteado anteriormente es que se hace necesario poner en marcha una nueva metodología capaz de desarrollar todos los procesos que se llevan a cabo en un proyecto de construcción sin problemas y afectaciones, y esta metodología es conocida como BIM (Building Information Modeling) que nos proporcionará elementos importantes para la gestión y desarrollo de los proyectos de construcción. Esta metodología parte de una maqueta digital en 3D, accediendo a planificar el tiempo en una simulación virtual en 4D y estimando los costos de forma acertada en 5D¹.

Introduciéndonos en el proceso de estudio para este trabajo de grado, las obras de construcción para proyectos de vivienda de interés social son desarrollados obligatoriamente como procesos con grandes estándares de calidad. De acuerdo a las normas colombianas las obras básicas de viviendas de interés social deben ser obras debidamente conformadas, con pavimento rígido, flexible o articulado sin perjuicio de la normatividad urbanística del municipio o distrito, redes de acueducto, con disponibilidad inmediata del servicio de agua y conexión a la red primaria certificada por la empresa prestadora de servicios de la entidad territorial y/o la entidad competente en la cual se esté desarrollando el plan de vivienda, acometidas de acueducto y alcantarillado, desde la red secundaria del sistema urbanístico

¹ **BOUZAS, Manuel.** La importancia de una metodología BIM. En: Revista del colegio de ingenieros técnicos de obras públicas, febrero, 2020. P. 5.

general hasta la caja de inspección de cada vivienda y acometidas de energía eléctrica².

Figura 1. Modelo de seguimiento en proyectos BIM



Fuente: Propia

Esta investigación se centra en analizar tiempos, costos y cronograma de un proyecto de vivienda de interés social principalmente en la construcción total de una vivienda completa desde su proceso de presupuesto y planos hasta su entrega final mediante la metodología Bim, procurando que el proyecto se desarrolle de buena manera y exitosa, por esta razón se analizan todos los factores que inciden en el desarrollo del proyecto y poder llevar un manejo adecuado.

Para determinar el análisis de tiempos y costos de ejecución se pone en contexto un proyecto de vivienda de interés social que se encuentra en su fase de entrega, de donde se toma toda la información requerida como diseños, planos, costos, presupuestos y cronogramas. Toda esta información se evalúa, se analiza y se lleva a comparación con los resultados obtenidos hasta el momento por medio de la metodología tradicional CAD.

² **COLOMBIA. MINISTERIO DE VIVIENDA NACIONAL.** Especificaciones técnicas, vivienda y obras de urbanismo [En línea] 19 de marzo de 2016. [Citado el 14 de octubre de 2020.] <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioVivienda/141127%20ANEXO%20TECNICO%20PV%202.pdf>

1. GENERALIDADES

1.1. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Gestión integral y dinámica de las organizaciones.

Se toma esta línea de investigación, puesto que nuestro trabajo se desarrolla en integrar o implementar una nueva metodología como es la BIM con procesos de mayor alcance y con software que ayudan a mejorar y optimizar todos los procesos de un proyecto de vivienda de interés social.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Generalmente los proyectos relacionados a obras de construcción necesitan de unión corporativa para el buen desarrollo del mismo. La unión y activación mancomunada en cada uno de los procesos desarrollados a lo largo de estos proyectos son los problemas o dificultades que más se presentan debido al uso de las diferentes metodologías hasta hoy desarrolladas, y esto es precisamente lo que se quiere derogar con la implementación de la metodología BIM, que se basa en el trabajo mancomunado para el diseño, creación y gestión de los proyectos de construcción. El objetivo de esta metodología es recoger toda la información del proyecto en general en un sistema digital generado por sus colaboradores.

Durante los últimos años hemos venido observando que las obras civiles se desarrollan con la misma metodología para el diseño y gestión, y que estas obras acarrearán infinidad de problemas técnicos y financieros durante todos los procesos de su vida útil, generando una serie de sobresaltos a los proyectos puesto que, a pesar de tener un comienzo y un final, estos duran más tiempo de lo establecido y gastando muchos más recursos de los estipulados. Por ese motivo se requiere de una metodología eficaz, innovadora y completa para desarrollar de otra forma los proyectos de construcción y una de estas puede ser sin lugar a dudas la metodología BIM.

1.2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Colombia como país en busca de desarrollo e innovación, ha encontrado en los proyectos del sector de la construcción una pequeña solución a los problemas económicos que afronta gran parte de Suramérica. Pero la mayoría de los proyectos que se ejecutan presentan un conjunto de errores, fallas o problemas antes, durante y después de llevarse a cabo su ejecución.

Las metodologías utilizadas para el diseño y ejecución de los proyectos de construcción se han quedado estancadas, desarrollando unos modelos de trabajo con poca innovación y con un diminuto control a cada uno de los procesos que cada proyecto debe ejecutar³. Estos problemas han generado la puesta en marcha de nuevas metodologías, capaces de identificar, analizar y corregir los fallos que se presentan en los proyectos desde su fase de prefactibilidad hasta su último proceso como es la entrega. Generalmente hoy en día un proyecto de obra civil privado o público no cumple con los tiempos de ejecución pactados en el contrato, aunque los proyectos privados no tienen tantos retrasos ni complicaciones como los proyectos públicos, que desde que nacen a licitación ya presentan graves fallas en sus elementos de estructuración y en el transcurso de su ejecución sufren una serie de cambios en tiempo y dinero.

Por todo lo comentado anteriormente es que se busca utilizar un método o una de estas metodologías que se vienen poniendo en marcha desde hace unos años y que han generado buenos resultados para las compañías privadas y para ciertos sectores públicos. La metodología que más ha dado de que hablar y que ha presentado unos resultados únicos en optimización de los procesos ha sido la metodología BIM, es una metodología innovadora que ha dejado atrás el modelaje en 2D y 3D y ha traído a colación modelos en 4D, 5D, 6D y hasta 7D, técnicas que mejoran y dinamizan absolutamente todos los procesos de los proyectos constructivos⁴.

³ **GÓMEZ, Julián Manuel.** Análisis comparativo entre metodologías de presupuestación tradicional racional y con herramientas tecnológicas revit (Bim). Trabajo de grado profesional (Ingeniería civil). Bogotá D.C.: Universidad católica de Colombia, 2016.

⁴ **CARNEIRO, Natalia y MACIEL, Carolina.** The Use of BIM 4D and BIM 5D Methodology for the Construction Management: Systematic Review of the Literature. En: revista de paperclass, junio, 2020. P. 11.

La integración de la BIM en los proyectos de construcción ejecutados en Latinoamérica no está siendo desarrollada homogéneamente. Países como Chile, Colombia y Perú han comenzado a desarrollar proyectos con esta metodología y por este motivo este método se encuentra en auge. Con mucha aceptación en grandes proyectos públicos y un alto índice de contratación de profesionales BIM. Sin embargo, esta implementación no crece al mismo ritmo en todo el continente, y lo cierto es que en la mayoría de países de habla hispana el paso al BIM sigue en una progresión muy lenta⁵.

1.2.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Qué impacto puede presentar la metodología BIM con respecto a los procesos de costos, presupuesto y alcance de un proyecto, en contraste con la metodología tradicional implementada CAD?

1.2.3. VARIABLES DEL PROBLEMA

- Identificación y estudio de la metodología BIM
- Determinación y análisis de obras de vivienda de interés social.
- Diseños, presupuestos y costos de un proyecto de vivienda VIS
- Ejecución de modelado en software.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Debido a la necesidad de hacer cada día proyectos constructivos mejor planeados y ejecutados, que estén bajo los parámetros de calidad requeridos, que cumplan con los cronogramas establecidos precontractualmente y que arrojen las ganancias esperadas se hace necesario la implementación de metodologías que integren de una manera eficaz las áreas del conocimiento en una organización, y que permitan planificar, ejecutar y controlar el desarrollo de

⁵ **SÁNCHEZ, Juan. 2016.** El futuro de Bim en Latinoamérica [En línea] 13 de septiembre de 2016. [Citado el 26 de octubre de 2020.] <https://blog.acaddemia.com/el-futuro-de-bim-en-latinoamerica/>.

las obras para obtener una mayor productividad minimizando los sobrecostos u otros si por ampliaciones de plazo.

La metodología BIM consiste en un proceso colaborativo que integra las diferentes áreas del conocimiento, en torno a un mismo modelo que permite una comunicación eficaz donde todos manejan la misma información, y realizan seguimiento al proyecto utilizando herramientas como el software Revit, el cual usaremos para esta investigación⁶.

El objetivo de estos programas es ofrecer un seguimiento más idóneo a diseños, especificaciones, cantidades, costos y tiempos en un proyecto de vivienda de interés social, Por esta razón realizaremos la comparación de este método con uno convencional, para identificar hasta donde se mejora el control presupuestal en un proyecto de construcción. Lo que se espera de la implementación de esta nueva tecnología es bajar los costos de operación de los proyectos de vivienda de interés social, optimizando recursos y mejorando los tiempos en que se ejecutan las fases de construcción y con esto mejorar las condiciones contractuales y obtener mejores resultados. El proyecto San Nicolas es una obra pública con todos los estándares de calidad que se pueden determinar para proyectos de vivienda de interés social en Colombia, la constructora que llevó a cabo esta obra fue CONSORCIO PROVIVIENDA y la metodología que ha sido utilizada es la convencional. Desarrollar un análisis comparativo de las dos metodologías puestas en colación, es una forma de interactuar y determinar que tanto puede ayudar la innovación y la capacidad que tiene como características la metodología BIM. Esta metodología permite ejecutar proyectos de obra civil de gran magnitud, ya que es un método que reúne de forma organizacional, audaz y eficiente todos los detalles y momentos que se presentan en la vida de una obra, desde su momento inicial como es los diseños hasta los momentos finales de utilidad y rendimientos.

⁶ **Equipo Fundación Laboral de La Construcción. 2020.** Qué es BIM [Consulta 22-10-2020] Disponible en: <http://www.entornobim.org/entorno-bim/que-es-bim> 15(4), 203-223.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Identificar los beneficios que ofrece la implementación de la metodología BIM, con respecto al control de las cantidades, tiempos y costos de una obra de vivienda de interés social (VIS), y verificar como se optimiza el proceso en comparación con la metodología tradicional CAD.

2.1.1. Objetivos específicos

- Desarrollar la metodología BIM de este proyecto de vivienda de interés social, centrando el análisis en la construcción total de una vivienda.
- Evaluar las características, ventajas y desventajas de las herramientas utilizadas para el control y seguimiento de proyectos constructivos.
- Realizar los procesos de costos, tiempo y presupuesto del proyecto San Nicolas ubicado en el municipio del Dorado Meta, mediante metodología BIM y metodología tradicional CAD, e identificar diferencias que permitan determinar cuál de ellos ayuda a optimizar de forma más productiva nuestro balance proyectado.
- Realizar la comparación estadística, que contenga elementos de juicio que arrojen resultados concluyentes de utilidad para el seguimiento de presupuestos, costos y tiempos del proyecto.

3. MARCOS DE REFERENCIA

3.1. MARCO CONCEPTUAL

De acuerdo a la investigación que se llevará a cabo, sobre el análisis de los costos, presupuestos y tiempos en un proyecto de vivienda de interés social, traemos a colación algunos conceptos que influyen de gran forma en el desarrollo de nuestro trabajo.

- **Metodología CAD:** CAD o diseño asistido por ordenador consiste en el uso de programas de ordenador para crear, modificar, analizar y documentar representaciones gráficas bidimensionales o tridimensionales (2D y 3D) de objetos físicos como una alternativa a los borradores manuales y a los prototipos de producto. El CAD se utiliza mucho en los efectos especiales en los medios y en la animación por ordenador, así como en el diseño industrial y productos⁷.
- **Metodología BIM:** Es una metodología de trabajo que integra y coordina diversas disciplinas como la arquitectura, la ingeniería y la construcción. Al ser una metodología transversal a diversas disciplinas incluye el manejo de distintas bases de datos, modelos 3D y diversos softwares que se aplican a la perfección, dependiendo de la necesidad de cada uno de sus usuarios⁸.
 - **Building:** Hace referencia a que la metodología comprende todo el ciclo completo de la construcción, desde la parte previa como las condiciones urbanísticas, ubicación, escala, hasta la fase de construcción, la posterior demolición y el reciclaje del mismo⁹.

⁷ SIEMENS. 2008. Diseño Asistido por Ordenador. [En línea] 07 de enero de 2008. [Citado el 24 de octubre de 2020.] <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/our-story/glossary/computer-aided-design-cad/12507>.

⁸ ArchDaily. Metodología Bim, más allá de un software de arquitectura [En línea]. Bogotá: 03 de agosto de 2017. [Citado el 14 de octubre de 2020.] <https://www.archdaily.co/co/876663/metodologia-bim-mas-alla-de-un-software-de-arquitectura>

⁹ GIMÉNEZ, Mónica. Qué es Bim o modelado de información de construcción [En línea] 15 de agosto de 2019. [Citado el 14 de octubre de 2020.] <https://www.hiberus.com/crecemos-contigo/que-es-bim-construccion/>

- **Information:** Con esta metodología se logra generar y producir información: planos constructivos, detalles técnicos, 3D, cálculos, costos, mediciones, presupuestos, tiempos, especificaciones técnicas, cronogramas de obra etc.¹⁰.
 - **Modeling:** La modelación de la edificación en el mundo virtual, es la manera como se logra simular el proceso constructivo de tal manera que el arquitecto puede observar su diseño y composición espacial, el ingeniero observa combinaciones estructurales, cargas y flujos, mientras; el usuario final o diseñador observa texturas, colores, superficies, espacios habitacionales; y el constructor puede analizar ingresos, gastos, beneficios, costos. Todo esto en un solo modelo¹¹.
- **Presupuesto:** Un presupuesto es la estimación futura de las operaciones y los recursos de una empresa. Se elabora para obtener los objetivos económicos y financieros propuestos en un periodo determinado¹².
- **Gestión de costos:** La gestión de costos es el proceso de estimar, asignar y controlar los costos de un proyecto. Proporciona directrices para que las compañías conozcan desde el principio los gastos y así reducir las posibilidades de superar el presupuesto inicial. Por tanto, la gestión de costos del proyecto comprende todo su ciclo de vital, desde la planificación inicial hasta su entrega, pasando por los diferentes análisis intermedios que se realicen.
- **Gestión del tiempo:** El proceso de gestión del tiempo contiene los procesos de dirección de proyectos necesarios para estudiar y establecer que tiempo es necesario para garantizar que el proyecto posea un plazo viable para ejecutar la entrega del resultado esperado del proyecto.

¹⁰ Ibid.

¹¹ Ibid.

¹² **SÁNCHEZ, Laura.** Qué es un presupuesto [En línea] 12 de abril de 2019. [Citado el 14 de octubre de 2020.] <https://www.emprendepyme.net/que-es-un-presupuesto.html>

3.2. MARCO TEÓRICO

La metodología BIM es un modelo de trabajo nuevo con grandes inclinaciones y perfectas características que hacen que sea innovadora y seductora para las compañías que quieren cambiar el chip de la metodología tradicional. La metodología BIM no es solamente diseñar un modelo con diversas características, sino más bien un proceso por el cual se desarrollan las diferentes fases de un proyecto, las cuales llevan al desarrollo y éxito del mismo.

De esta manera y de acuerdo a las características que presenta la metodología BIM es que se llega a mejorar el rendimiento en la gestión de todos los procesos de nuestro proyecto, uniendo los diversos sectores que hacen parte de una compañía e integrando los resultados del trabajo ejecutado¹³. Con esta metodología estamos seguros que daremos un golpe de autoridad muy importante en el diseño y ejecución no solo de proyectos de construcción de vivienda sino para todos aquellos proyectos que comúnmente presentan problemas por error en alguno de los procesos que se nos detalla en la guía PMBOK como es la gestión de los riesgos, la gestión de costos o la gestión de comunicaciones.

La metodología reiteradamente mencionada BIM, posee una serie de funciones estratégicas e inigualables capaces de diseñar y modelar todos los campos y momentos por los que un proyecto de cualquier envergadura debe pasar. Generando la estabilidad para nuevas capacidades de diseño y construcción y grandes cambios en los roles y relaciones del equipo del proyecto. Una vez adoptado, el BIM facilita el proceso de diseño y construcción más integral que se traduce en proyectos de mejor calidad a un menor costo y menor duración¹⁴.

La llegada de BIM a nuestro país ya es una realidad, una realidad que presentará efectos intensos y muy determinantes en el diseño, la construcción, el entorno y en la pronta gestión de las obras civiles. No es un secreto que ya existen un buen número de compañías que han puesto en práctica el uso de la metodología BIM, obsesionados por mejorar los rendimientos de cada uno de los proyectos que están llevando a cabo.

¹³ **PÉREZ MARTINEZ, José.** Docencia colaborativa en BIM. Desde la tradición y dirigida por la expresión gráfica arquitectónica. España: Revista Polipapers 2018.

¹⁴ **VERA GALINDO, Carmen.** Aplicación de la metodología BIM a un proyecto de construcción de un corredor de transporte para un complejo industrial. Costes Modelo BIM 5D. Trabajo de grado profesional. Rioja: Deposito de investigación universidad de Sevilla, 2018.

Todos los softwares que se implementan con la metodología BIM, poseen como característica fundamental la capacidad de adherir modelos virtuales, los cuales utilizan objetos paramétricos que desarrollan un comportamiento que refleja las necesidades del diseño, análisis y pruebas del mismo. Es una forma de trabajo que radica en hacer una simulación lo más parecido posible a las condiciones reales en la cual se va a realizar una obra de ingeniería.

La metodología BIM se basa en un modelo 3D inteligente (no confundir con un 3D a secas, como hemos conocido hasta ahora, que lo único que tiene como objetivo es tener imágenes realistas del proyecto)¹⁵. BIM está basada no sólo en sólidos geométricos, sino también en datos, coexistiendo directamente en tiempo real, entre ese modelo y una base de datos, es decir una vinculación constante y permanente.

Todos los proyectos de obras civiles relacionados con el campo de la construcción ponen en marcha diferentes tipos de software que facilitan y mejoran los procesos de ejecución, estos softwares son tecnologías de punta que van mejorando y optimizando sus herramientas de acuerdo al uso que le den los clientes, volviéndose atractivos y meritorios por su capacidad productiva. De acuerdo a un estudio realizado el último año, en Colombia los proyectos de construcción se han venido desarrollando por medio de un programa tecnológicos como AutoCAD, programa muy determinante y completo que se ha hecho dueño de todo el campo constructivo sin ningún competidor fuerte que intente retirarles este posicionamiento.

Durante los últimos tres años han venido sobresaliendo software con tecnologías muy potentes y capacitadas como lo son Revit y ArchiCAD, programas con novedosas y poderosas formas de diseñar, realizar y gestionar proyectos de construcción. Pero esta innovación atrae un gran reto para los encargados de producir y generar estos proyectos, capacitarse de buena forma para desarrollar de manera correcta los procesos con esta nueva ola tecnológica¹⁶. Pero antes

¹⁵ **CERÓN, Ismael y LIÉVANO RAMOS, David.** Plan de implementación de metodología BIM en el ciclo de vida en un proyecto. Trabajo de grado profesional (Gerencia de Obras). Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia, Facultad de posgrados, 2017.

¹⁶ **MATEUS, Jefferson y PAREDES, Juan.** Análisis de tiempos y costos de implementación de impresoras 3d para proyectos de construcción desarrollado en Colombia con metodología BIM. Trabajo de grado profesional (Gerencia de obras). Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia, 2020.

de poner en práctica esta nueva tecnología en cada uno de los procesos que desarrolla un proyecto de construcción se debe realizar un análisis profundo y una comparación real entre este proceso que se quiere introducir en la tecnología y el método antiguo que, aunque no es muy preciso, pero si efectivo. La comparación busca identificar los beneficios del uno con respecto al otro y de acuerdo a las conclusiones ponerse en marcha desde ahora en adelante la nueva ola de softwares y programas tecnológicos¹⁷.

A menudo se puede observar en el desarrollo de proyectos de construcción, tanto públicos como de carácter privado, que, durante su ejecución, se presentan inconsistencias desde la etapa de planeación y contratación, y en el transcurso de ejecución del proyecto, a causa de presupuestos mal elaborados, a veces por cantidades de obra mal calculadas, y otras por estimaciones de tiempos que no corresponden o precios unitarios mal establecidos. Estos errores usualmente pueden ocasionar sobrecostos que afectan las utilidades inicialmente esperadas, e incluso grandes pérdidas de dinero para las compañías y proyectos inconclusos que afectan a población.

3.3. MARCO JURÍDICO

Países como Argentina que comenzaron a dar los primeros pasos en la dirección de fomentar la adopción de BIM a nivel nacional a mediados de 2016, cuando fue fundado el BIM Forum Argentina, que cuenta entre sus directores, con representante del Ministerio del Interior, Obras Públicas y¹⁸.

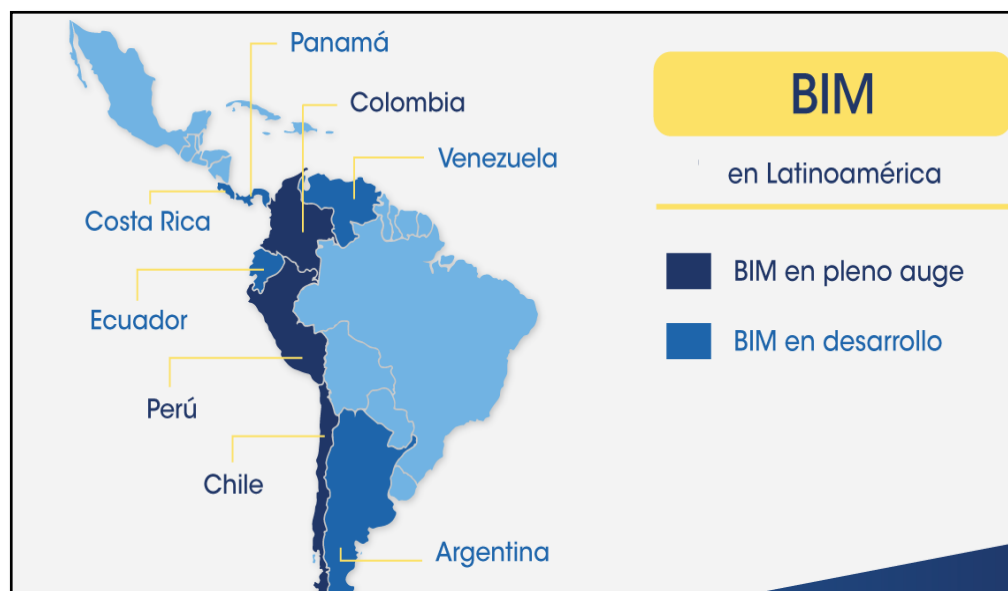
Chile es el país más avanzado en la implementación de BIM en nuestro continente. Desde antes del Memorando de Entendimientos (MoU) firmado con el Reino Unido en 2016, Chile viene desarrollando acciones dentro del llamado Plan BIM, su plan estratégico de implantación de BIM a nivel nacional. Su

¹⁷ **CERÓN, Ismael y LIÉVANO RAMOS, David.** Plan de implementación de metodología BIM en el ciclo de vida en un proyecto. Trabajo de grado profesional (Gerencia de Obras). Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia, Facultad de posgrados, 2017.

¹⁸ **Editeca, 2018.** El Bim en Latinoamérica [En línea] 22 de febrero de 2018. [Citado el 15 de octubre de 2020.] <https://editeca.com/bim-en-latinoamerica/>

roadmap es el más audaz entre los países de América Latina, estableciendo la exigencia de BIM en proyectos públicos ya en 2020¹⁹.

Figura 2. Panorama BIM en Latinoamérica



Fuente:(Editeca, 2020)

Estos países mencionados anteriormente han presentado un avance significativo con respecto a la reglamentación de la metodología BIM, tanto que la mayoría de los proyectos que se iniciaron a ejecutar este año deben tener el sello BIM.

Por otra parte, Colombia un país que durante los últimos 20 años viene presentando una mejoría de nivel superior respecto a las obras de construcción, no ha presentado reglamentaciones ni determinaciones con respecto a la metodología BIM puesto que desde el año inmediatamente anterior se ha puesto en marcha algunos proyectos con este tipo de metodología. Se espera que para el año 2023 el gobierno nacional dictamine y ejecute leyes que determinen que todos los proyectos públicos de obra civil desarrollados dentro del territorio nacional deban tener el sello BIM.

¹⁹ Ibíd

3.4. MARCO GEOGRÁFICO

Aunque la investigación que se realiza actualmente es para un proyecto ubicado en el departamento del Meta, directamente en el municipio del Dorado, ubicado a 70 km de la capital Villavicencio, este municipio tiene unas coordenadas de 3° 44'21 " N 73 ° 50'07 " Oeste y una altitud media de 550 m.s.n.m, según la ilustración que se mostrará a continuación tomada de Google Earth nos mostrará donde está ubicado el proyecto en análisis y servirá como ejemplo determinante para proyectos constructivos desarrollados dentro del territorio nacional de Colombia.

Figura 3. Urbanización (Toma 1) San Nicolas-el Dorado Meta



Fuente: (Propia)

Figura 4. Urbanización (Toma 2) San Nicolas-el Dorado Meta



Fuente: (Propia)

Figura 5. Delimitación geográfica del proyecto



Fuente: (Google Earth, 2020)

3.5. ESTADO DEL ARTE

Durante los últimos dos años en Colombia y el mundo la palabra BIM ha tomado una relevancia supremamente alta con respecto a los tipos de metodologías para la gestión de proyectos de construcción. BIM se encuentra en todo y todos estos documentos en los que sale a relucir la palabra BIM tienen una característica determinante y es que la metodología BIM nace como solución a un conjunto de problemas y deficiencias en los proyectos de obra civil con el propósito de mejorar sus procesos y utilidades.

La llegada de metodologías y herramientas BIM (Building Information Modeling) a Colombia representa nuevas formas de diseñar, planear, ejecutar y operar proyectos de construcción. Las primeras implementaciones de estas metodologías de trabajo basadas en modelos paramétricos se encuentran en etapa piloto y han tenido lugar en proyectos de construcción en las ciudades de Bogotá y Medellín por empresas constructoras reconocidas del sector²⁰.

En el año 1974 el señor Charles M, Eastman desarrolla la primera investigación reconocida públicamente sobre BIM, en esta investigación ilustra un sistema descriptivo del edificio gracias a elementos 3D capaces de contener información de tipo geométrico. En su investigación Eastman dice lo siguiente “Muchos de los costos de diseño, realización y funcionamiento de las construcciones derivan por el hecho que se repite a los dibujos para reportar anotaciones del edificio. Como alternativa, este documento propone un diseño de un sistema informático útil para almacenar y manipular la información de proyecto en un detalle que permite el diseño, la construcción y el análisis operativo. Un edificio se considera como la composición espacial de un conjunto de piezas”.

En el año 2012 en un artículo investigativo titulado “Metodología para apoyar procesos colaborativos en la industria de la construcción basada en interoperabilidad y BIM”, realizado por Patacas, Joao Luis, se muestra como la metodología Bim se presenta como una metodología para el desarrollo de proyectos y la gestión empresarial en la industria de Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC). El uso de la metodología BIM en la industria AEC tiene como objetivo aumentar la productividad, la eficiencia, la calidad de construcción y simultáneamente reducir los costos durante el ciclo de vida de los proyectos.

²⁰ **ROJAS, Jonathan.** Aplicación de la metodología Bim para uso eficiente de los recursos en la construcción (redes hidrosanitarias y estructura). caso de estudio: proyecto nueva sede politécnico gran colombiano. Trabajo de grado profesional (Ingeniería civil). Bogotá D.C: Universidad católica de Colombia, 2017.

Para ello, es necesario asegurar la interoperabilidad entre las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) utilizadas por el sector, no solo en términos de datos, sino también en términos de los procesos internos de los distintos actores del sector AEC, así como en sus relaciones colaborativas. con entidades externas.

Durante el mismo año 2012 se produjo otra investigación que ayudó a mejorar la visualización que estaba presentando BIM en Latinoamérica, el estudio por nombre “Análisis comparativo entre técnicas del CTE y técnicas BIM para el cálculo de la limitación de demanda energética en edificios” ejecutado por Aitor José Gutiérrez, lleva a cabo un profundo análisis del procedimiento general de cálculo de la limitación de demanda energética en los edificios establecida en el CTE. Dicho análisis se efectúa comparando los resultados que ofrece la aplicación oficial LIDER con la aplicación basada en técnicas BIM Exportador REVIT-LIDER. Con ambos métodos, se estima el consumo de tiempo dedicado al aprendizaje de uso, se estudia el consumo de tiempo dedicado a calcular la limitación de demanda energética de una vivienda unifamiliar y un edificio de oficinas, se descubren y averiguan las dificultades y problemas derivadas del procedimiento del cálculo, y finalmente, se comparan los resultados obtenidos con cada sistema y se analizan las ventajas y desventajas de cada uno de ellos²¹.

Otro proyecto investigativo demasiado importante para la innovación e introducción a la metodología Bim, fue el trabajo por nombre “Principios para el desarrollo de proyectos con recursos y herramientas BIM” un trabajo ejecutado por Jorge Miguel Santos en el año 2013 y donde nos presenta como el uso de metodologías y herramientas BIM ha ido ganando importancia en la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción. Este concepto comienza a generalizarse dentro de esta industria con las ventajas que se reconocen en el área de gestión y organización de la información. Sin embargo, a pesar del uso emergente de estos procesos, actualmente no existen normas o reglas de buenas prácticas para su implementación en Brasil²².

El año 2014 fue un año muy importante para las investigaciones sobre BIM, queremos llevar a colación una tesis de la universidad javeriana de Colombia titulada “ Razón de costo efectividad de la implementación de la metodología

²¹ **GUTIÉRREZ, Aitor José.** Análisis comparativo entre técnicas del CTE y técnicas BIM para el cálculo de la limitación de demanda energética en edificios. España: Universidad politécnica de Valencia. 2012.

²² **SANTOS, Jorge Miguel.** Principios para el desarrollo de proyectos con recursos y herramientas BIM. Brasil: Trabajo de investigación. Universidad do porto. 2013.

BIM y la metodología tradicional en la planeación y control de un proyecto de construcción de vivienda en Colombia” una investigación que fue llevada a cabo por Naisir Duarte Hinojosa, y qué traemos a esta parte de nuestro trabajo porque se relaciona directamente con el proceso que queremos llevar a cabo con un proyecto de vivienda de interés social, este trabajo muestra como la industria de la construcción es fundamental que los proyectos se ejecuten dentro de los costos y tiempos planeados, durante la fase de la planeación inicial se omiten procesos que hacen parte de la dirección del proyecto, lo que refleja la falta de integración de este mismo²³.

En el año 2016 Julián Manuel Gómez presentó una tesis de grado para optar por el título de ingeniero civil denominado “Análisis comparativo entre metodologías de presupuestación tradicional racional y con herramientas tecnológicas revit (Bim)” en esa investigación se infirió en comparar las diferencias entre metodologías que proporcionan las herramientas tecnológicas para el correcto desarrollo de un presupuesto en capítulos específicos de un proyecto de construcción, como son cimentación y estructura. Dichas metodologías son comparadas en un caso de construcción existente en donde la empresa constructora proporciona la información del proyecto para facilitar el desarrollo del presente proyecto²⁴.

Una investigación más en el año 2016 fue la que desarrolló Alejandro López Vidal por nombre “Una revolución llamada BIM” en este artículo de revista Alejandro llega a la conclusión que la progresiva implantación de la metodología BIM en los proyectos de construcción se presenta como una oportunidad inmejorable para que el sector del prefabricado de hormigón termine de consolidarse como la variante industrializada de la construcción en hormigón, con todas las ventajas que ello proporciona en términos de rapidez de ejecución,

²³ **DUARTE, Naisir.** Razón de costo efectividad de la implementación de la metodología BIM y la metodología tradicional en la planeación y control de un proyecto de construcción de vivienda en Colombia. de grado profesional para optar por el título de magíster en ingeniería. Bogotá D.C.: Pontifica Universidad Javeriana, 2014.

²⁴ **GÓMEZ, Julián Manuel.** Análisis comparativo entre metodologías de presupuestación tradicional racional y con herramientas tecnológicas revit (Bim). Trabajo de grado profesional (Ingeniería civil). Bogotá D.C.: Universidad católica de Colombia, 2016.

control más exhaustivo en proyecto y obra, calidad, eficiencia y rentabilidad económica²⁵.

Jonathan Rojas en el año 2017 Postuló una investigación acerca de la metodología Bim donde determina que la metodología BIM se presenta como una oportunidad que le ofrece al medio una forma de trabajo y un set de herramientas tecnológicas que pueden achicar la brecha de productividad y sobrecostos respecto a las industrias líderes en el mundo. Entre las razones por las cuales se generan tantos sobrecostos en los proyectos de construcción, es porque a la hora de generar un presupuesto este es impreciso y no suele considerar todas las variables, ni contar con herramientas y metodologías de vanguardia como si lo hacen industrias como la automotriz y la aeronáutica. Si bien la metodología BIM puede influir en todas las etapas en el ciclo de vida de un proyecto de construcción, desde su concepción hasta su operación, el objetivo de este trabajo es evaluar el potencial que tiene esta herramienta para que los presupuestos generados tanto para proyectos propios como para licitaciones tanto públicas como privadas al interior de la compañía, sean más precisos, no solo como una medida que pueda reducir los sobrecostos que se generan en las obras de construcción, si no como una herramienta que puede generar una línea base de evaluación más representativa de la realidad y que permita evaluar con mayor exactitud el desempeño de un proyecto durante su ejecución²⁶.

La universidad Santo Tomás Colombia publicó en el año 2017 en su revista, un artículo desarrollado por los ingenieros Wilmer Rolando Gonzáles y Camilo Andrés Lesmes denominado “ Siete dimensiones de un proyecto de construcción con la metodología Building Information Modeling” un artículo que muestra como los proyectos de construcción actualmente presentan muchos errores y contratiempos por una falta de planificación y control durante el ciclo de vida, así que es necesario un cambio virtual más allá del 3d con un método

²⁵ **LÓPEZ, Alejandro.** Una revolución llamada BIM. Colombia: artículo de revista. Revista técnica CEMENTO HORMIGÓN 2018.

²⁶ **ROJAS, Jonathan.** Aplicación de la metodología Bim para uso eficiente de los recursos en la construcción (redes hidrosanitarias y estructura). caso de estudio: proyecto nueva sede politécnico gran colombiano. Trabajo de grado profesional (Ingeniería civil). Bogotá D.C: Universidad católica de Colombia, 2017.

multidimensional donde se imita el proceso real de la construcción centralizando la información en un único modelo²⁷.

Carmen Vera Galindo realizó un trabajo donde demuestra que la metodología de trabajo colaborativo está bastante consolidada en el sector de la edificación desde hace algún tiempo y, en la actualidad, se está comenzando a aplicar al campo de la ingeniería civil. Se realiza una revisión documental sobre el estado del arte del BIM en ingeniería civil, para aplicarlo, posteriormente, a la construcción de un corredor de transporte. En cuanto a la revisión bibliográfica, se ha realizado una investigación en revistas divulgativas, revistas científicas, trabajos académicos, etc., de forma que se tenga una visión lo más global posible sobre las líneas en que se trabaja actualmente. La aplicación práctica consiste en aplicar la tecnología BIM para la construcción de una obra lineal mediante metodología BIM.

Además de las investigaciones de años anteriores que han sido de gran ayuda para lo que queremos demostrar con nuestro trabajo, en este año 2020, Fidel Pardo Ojeda y Henry Pinzón Flórez llevaron a cabo un trabajo investigativo por nombre “Implementación de la metodología BIM en el proyecto Carrá-Cusezar para la supervisión técnica en etapa de estructura” un trabajo que busca la implementación de nuevas tecnologías para realizar Supervisión técnica en Colombia. Es necesario que el supervisor técnico se capacite y tenga herramientas como el BIM para realizar su trabajo de una manera más eficiente. Con la implementación de la metodología BIM y sus beneficios para los proyectos donde se utiliza permite al supervisor entrar al mercado y destacarse por competencias²⁸.

²⁷ **GONZÁLEZ, Wilmer y Lesmes, Camilo.** Siete dimensiones de un proyecto de construcción con la metodología Building Information Modeling. Colombia: artículo de revista Santo Tomás. 2017.

²⁸ **PINZÓN, Henry y PARDO, Fidel.** Implementación de la metodología BIM en el proyecto Carrá-Cusezar para la supervisión técnica en etapa de estructura. Trabajo de grado profesional para optar por el título de especialista en gerencia de obras. Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia, 2020.

4. METODOLOGÍA

4.1. FASES DEL TRABAJO DE GRADO

- **Primera fase:** Búsqueda de información preliminar, en donde esta fase se desprende cerca de siete (7) tareas mostradas en el cronograma oficial. Una vez se identifica la necesidad que nos lleva a emprender esta investigación, y se formulan objetivos claros de lo que se desea obtener, La metodología empleada será la comparación de resultados, entre un presupuesto obtenido a partir de la implementación de metodología BIM, contra un presupuesto realizado bajo los métodos tradicionales como son CAD, Project y estimaciones a juicio de expertos.

Para realizar dicha comparación se requiere un proyecto de vivienda de interés social, y centrarnos específicamente en el desarrollo y construcción de una vivienda, en este caso el proyecto “San Nicolas” ubicado en el municipio del Dorado y construido por el consorcio Provivienda, el cual es un proyecto público generado por la Gobernación del departamento del Meta y que se encuentra en proceso terminado y entregado.

- **Segunda fase:** Desarrollo del marco teórico con las investigaciones desarrolladas observadas en el estado del arte.

Para tener bases y conocimiento previo de los avances en este sentido y poseer argumentos de juicio para abordar el estudio de caso, se requiere conocer investigaciones recientes, estudios y tecnologías que aporten a la ejecución de proyectos constructivos, y al control presupuestal de los mismos, en ese orden de ideas se buscan trabajos de investigación que contengan los avances concernientes con la metodología BIM y el manejo de costos en la actualidad de las obras, para esto utilizamos diferentes plataformas como Google Scholar, Google sites, la biblioteca de la universidad Católica de Colombia entre otros. De esta forma tenemos el conocimiento para abordar el tema y saber cómo está el mundo y Colombia en la actualidad respecto a este tema.

- **Tercera fase:** Preparar el cronograma oficial del proyecto, definir las tareas y absolutamente todos los recursos.

Una vez se define la línea de investigación, se plantea, se justifica y se establecen los objetivos de lo que se desea alcanzar; empezamos a definir nuestro cronograma a partir de una EDT, teniendo en cuenta los recursos que necesitamos para desarrollar el trabajo dentro de un tiempo establecido, así obtenemos nuestra línea base para desarrollar este estudio de caso.

- **Cuarta fase:** Desarrollo de la metodología con sus cinco (5) tareas definitivas.
A partir de los objetivos específicos se describe paso a paso como se piensa desarrollar el trabajo tanto en su etapa preliminar o de ante proyecto, como en la etapa técnica y de entrega de resultados.
- **Quinta fase:** Presentación de la fase preliminar o anteproyecto, para ajustes correcciones y proceso de aval.
- **Sexta fase:** Proceso de ejecución del proyecto en firme en su etapa técnica, en esta fase se realizará el trabajo en general.

Una vez se tiene la información existente de este proyecto, (planos, presupuesto, contratos, programaciones), se procede a modelar en tres dimensiones, utilizando para tal fin el software Revit de Autodesk, con el cual se busca una mejor perspectiva del proyecto, ya que de esta manera tendremos visual de los elementos desde los ejes X, Y y Z, por ende, una visualización completa de los componentes de la obra. Luego del modelado se registra la información y especificaciones en cuanto a medidas, especificación de materiales y normatividad.

El siguiente paso consiste en calcular cantidades, realizar análisis de precios unitarios para obtener los costos directos, estimar las duraciones de las actividades y establecer finalmente nuestro presupuesto y cronograma que nos arroje la línea base del proyecto.

- **Séptima fase:** Análisis y comparación de resultados.

Después de reunir toda la información técnica que se requiere para estimar el costo y tiempo de este proyecto, se procede a realizar la comparación objeto de esta investigación, la cual consiste en comparar cantidades y precios unitarios de nuestro presupuesto realizado en Revit, Vs el

presupuesto que se usó para la contratación real del proyecto, verificando cual se acerca más a la contratación real final. Analizando ventajas y desventajas de la metodología BIM, que podamos encontrar durante este recorrido, hasta la entrega del producto.

4.2. INSTRUMENTOS Y HERRAMIENTAS

- Software para modelación Revit
- Software para modelación AutoCAD
- Software para programación Microsoft Project
- Software para programación Excel
- Software para modelación Naviswork

4.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

- Compañías y empresas relacionadas al campo de la ingeniería, arquitectura y afines, puesto que este trabajo servirá de guía para próximos proyectos de igual alcance y de mismo proceso de investigación con respecto a obras de construcción en proyectos de vivienda de interés social (VIS).
- Comunidad estudiantil que prepara y desarrolla investigaciones respecto a los problemas con las metodologías de ejecución en los proyectos de construcción.
- Nuestro país en general que viene buscando y desarrollando esta clase de investigaciones para introducir una nueva metodología capacitada para mejorar los procesos de desarrollo.

4.4. ALCANCES

- Primero que todo queremos informar y aclarar a toda la comunidad en general, que esta investigación NO realizará alguna

implementación en el proyecto “San Nicolas” desarrollado por el consorcio PROVIVIENDA.

- Tomaremos el proceso de ejecución y desarrollo de todo lo relacionado a obras de una vivienda del proyecto anteriormente mencionado, analizaremos su actual metodología y pondremos en relación la metodología BIM desarrollando los mismos procesos y así observaremos sus beneficios.
- Siguiendo el objetivo general de este trabajo, se desarrollarán tres secciones de la metodología BIM, 3 dimensiones por medio del software Revit, 4 dimensiones utilizando software Project y 5 dimensiones de igual forma por medio de Project y Excel.
- Entregaremos el análisis para identificar los beneficios que ofrece la implementación de la metodología BIM, con respecto al control de las cantidades, tiempos y costos de una vivienda completa en un proyecto de vivienda de interés social.

4.5. RESULTADOS ESPERADOS

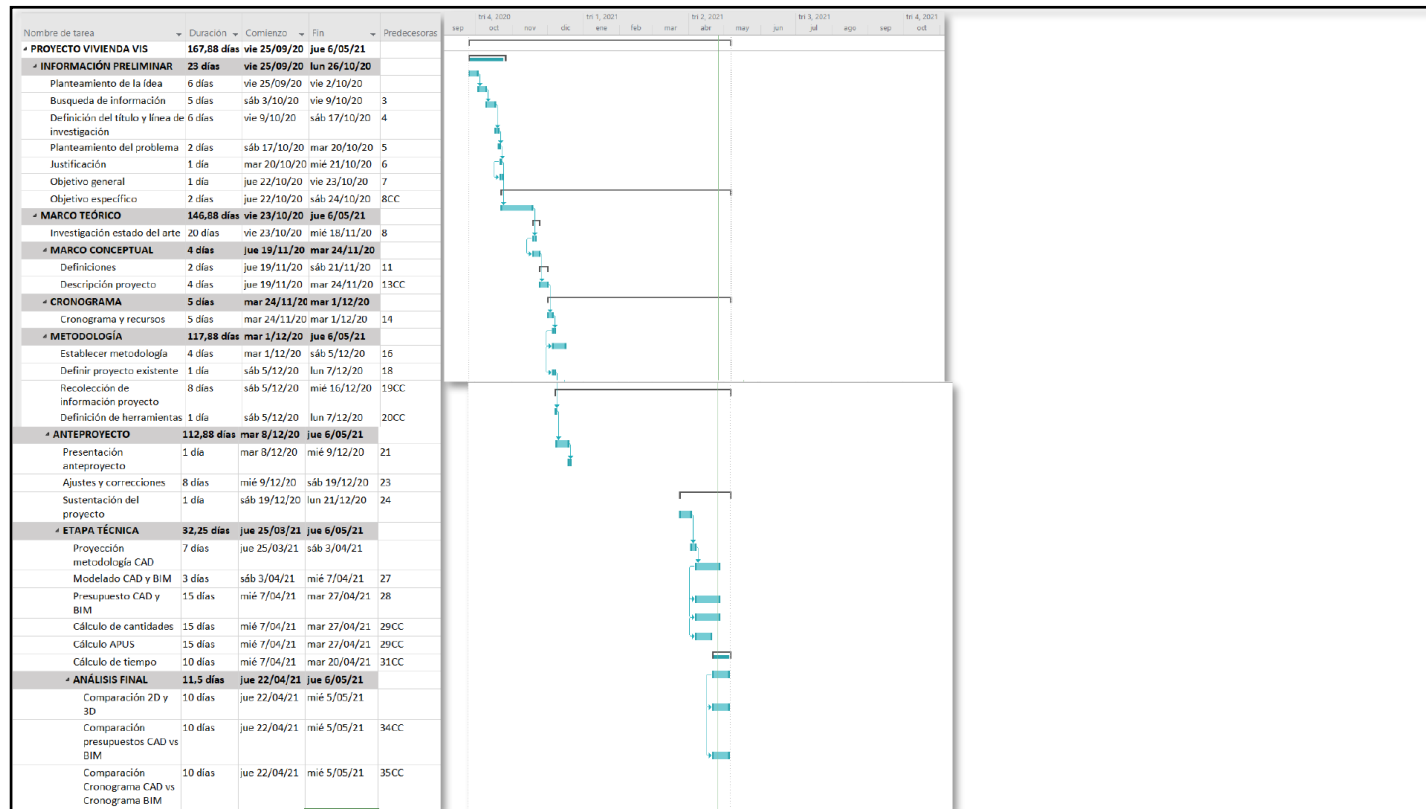
- Se espera que el ejercicio realizado bajo la metodología BIM se acerque en buena medida al escenario ejecutado en la realidad.
- Se espera que el presupuesto obtenido a partir de los datos tomados, del modelo desarrollado con Revit, nos arroje resultados cercanos a lo contratado en la realidad, tanto en cantidades como en valores unitarios.
- Obtener las variaciones entre el presupuesto real y nuestro presupuesto obtenido a partir del modelo BIM, y evidenciar cuanto de esta variación, es por precio y cuanto por cantidad no contemplada.
- Evidenciar cuál de las dos metodologías se acerca más a la realidad y optimiza de mejor manera el control de costos y recursos.

- Obtener experiencia metodológica que nos permita implementar estrategias para optimizar nuestros recursos y tiempos de ejecución y hacer un mejor seguimiento de control a nuestros proyectos.
- El documento debe servir como comparativo que permita evidenciar ventajas y desventajas de las herramientas actuales utilizadas para la planificación presupuestal de un proyecto de construcción.

4.6. CRONOGRAMA

Con este diagrama de Gantt se demuestra todos los procesos ejecutados en forma de actividades con siete capítulos y 30 tareas, que se desarrollarán a medida que se avance en el proyecto.

Figura 6. Cronograma trabajo de grado



Fuente: (Propia)

4.7. PRESUPUESTO

En el siguiente cuadro relacionamos el presupuesto oficial que se tiene por supuesto, para todos los procesos que conlleve nuestro análisis. Puede estar sujeto a cambios durante el desarrollo de la investigación.

Figura 7. Presupuesto del trabajo de grado

PRESUPUESTO OFICIAL Y RECURSOS FINANCIEROS				
ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	COSTO TOTAL
Administración	N/A	\$ -	0	\$ -
Mantenimiento	N/A	\$ -	0	\$ -
Equipos	Computador con requisitos de memoria interna, GB de Ram y tarjeta gráfica	\$ 3.200.000,00	1	\$ 3.200.000,00
Software	Revit, Autocad, Ms Project y Excel	\$ -	0	\$ 190.000,00
Personal	Ingeniero Daniel Ojeda (Creador del proyecto)	\$ -	0	\$ 5.900.000,00
	Ingeniera Olga Luz Atencia (Tutora)	\$ -	0	\$ 3.620.000,00
Materiales	N/A	\$ -	0	\$ -
Visitas técnicas	N/A	\$ -	0	\$ -
Servicios	Instalación de Antivirus y herramientas de procesamiento WEB	\$ 130.000,00	2	\$ 260.000,00
Material bibliográfico	Compra de accesos a recursos bibliográficos por medio de la WEB	\$ 90.000,00	1	\$ 90.000,00
Otros gastos	Gastos no presupuestados y que se pueden presentar durante la ejecución del			\$ 2.000.000,00
Total				\$ 15.260.000,00

Fuente: (Propia)

5. PRODUCTOS A ENTREGAR

- Documento completo con el estudio y el análisis general en cuanto a tiempos y costos mediante la metodología BIM y comparando este proceso con la metodología tradicional CAD.
- Análisis y planos desarrollados en CAD y Revit del proyecto de vivienda San Nicolas, centrando esfuerzos en proceso constructivo de una vivienda en general.
- Modelamiento de procesos interactuantes en el proyecto mediante metodología BIM, es decir utilizando Revit y Project.

5.1. LIMITACIONES

- Todo el proceso de búsqueda de información, análisis del proyecto y de lo que se quiere llegar a obtener se tendrá que realizar desde casa por cuestiones de salud pública, que no son ajenas a nuestro país puesto que estamos en el momento más agobiante de la pandemia por el COVID-19.
- El tiempo para realizar la búsqueda de todo lo necesario es reducido y de acuerdo a las bases de datos es poca la información suministrada.
- BIM como nueva metodología no ha sido implementada en nuestro país y han sido pocos los países de Latinoamérica que han venido presentando avances significativos, esto hace que la investigación de este proyecto sea lenta.

6. ENTREGA DE RESULTADOS

6.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En nuestro país los proyectos de vivienda de interés social y prioritario han venido sobresaliendo y cogiendo auge, estos proyectos desarrollados principalmente para personas de bajos recursos y que por su condición les queda totalmente imposible acceder a una vivienda digna reúnen los elementos que aseguran su habitabilidad, estándares de calidad en diseño urbanístico, arquitectónico y de construcción.

En el año 2015 y antes de terminar su periodo como gobernador, Alan Jara Urzola dejó firmado el contrato de licitación pública 1739 de 2015 con objeto **“Construcción de vivienda de interés social y prioritario en el municipio de el Dorado en el Departamento del Meta.”**

Tabla 1. Descripción del proyecto sujeto a análisis

Objeto del contrato:	“Construcción de vivienda de interés social y prioritario en el municipio de el Dorado en el Departamento del Meta.”
Contrato N°:	1739 de 2015
Contratista:	Consortio Provivienda
Contratante:	Fondo de vivienda del Meta
Tipo de proceso:	Licitación pública
Segmento:	Servicio de educación, construcción de instalaciones y mantenimiento
Valor del contrato:	4.795.804.736,00
Tipo de contrato:	Obra
Lugar del contrato:	Dorado – Meta - Colombia
Porcentaje de anticipo:	40 %
Plazo de ejecución:	10 meses

Fuente: Propia

El proyecto tiene como propósito construir 47 soluciones de vivienda formando la urbanización San Nicolas.

6.2. PRESUPUESTO ORIGINAL DE UNIDAD DE VIVIENDA, METODOLOGÍA TRADICIONAL

Figura 8. Presupuesto original (Parte 1)

PRESUPUESTO OFICIAL PROYECTO N° 1437 CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL Y PRIORITARIO EN EL MUNICIPIO DEL DORADO EN EL DEPARTAMENTO DEL META					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
VIVIENDA BÁSICA					
1	PRELIMINARES				
1,01	Descapote manual, incluye retiro	M2	72,00	\$ 3.179,20	\$ 228.902,40
1,02	Localización replanteo de arquitectura	M2	41,00	\$ 1.944,47	\$ 79.723,27
TOTAL PRELIMINARES					\$ 308.625,67
2	RELLENOS				
2,01	Relleno material seleccionado proveniente de excavación	M3	3,45	\$ 12.425,60	\$ 42.868,32
2,02	Relleno material tamaño máximo 2"	M3	3,27	\$ 31.525,60	\$ 103.088,71
TOTAL RELLENOS					\$ 145.957,03
3	EXCAVACIONES				
3,01	Excavaciones secas en conglomerado manual, incluye retiro	M3	16,20	\$ 38.552,80	\$ 624.555,36
TOTAL EXCAVACIONES					\$ 624.555,36
4	CIMENTACIONES				

Figura 9. Presupuesto original (Parte 2)

4,01	Concreto ciclopeo ancho= 0,30 mts x h= 0,20 mts concreto 3000 psi	M3	2,46	\$ 324.998,40	\$ 799.496,06
4,02	Viga cimentación 20*25 4D5/8+f3/8 c/15 C.20,7Mpa,(3000)	ML	48,23	\$ 68.724,80	\$ 3.314.597,10
TOTAL CIMENTACIONES					\$ 4.114.093,17
5	ESTRUCTURA EN CONCRETO				
5,01	Columna 15*20 4D1/2+flej 3/8c10 C.20,7MPA(3000) psi	ML	48,00	\$ 62.140,80	\$ 2.982.758,40
5,02	Viga aérea 15*20 4D3/8+f3/8 C.10 20,7Mpa (3000 psi)	ML	42,35	\$ 48.392,00	\$ 2.049.401,20
5,03	Mesón en concreto 20,7Mpa 3000 gran.pulid. e=7cm a=65cm D1/2"	ML	1,20	\$ 95.229,60	\$ 114.275,52
5,04	PLACA CONC. 20,7Mpa(3000 psi) e=10 M. D=1/2" C/20 tanque elevado	M2	1,20	\$ 116.819,25	\$ 140.183,10
5,05	Viga corona culata 10*12 4D3/8+f38c15 20,7Mpa(3000 psi)	MI	21,87	\$ 32.219,20	\$ 704.633,90
TOTAL ESTRUCTURAS EN CONCRETO					\$ 5.991.252,12
6	INSTALACIONES SANITARIAS				

Figura 10. Presupuesto oficial (Parte 3)

6,01	Tubería PVC sanitaria ø=2"	ML	7,54	\$ 11.315,20	\$ 85.316,61
6,02	Tubería PVC sanitaria ø=4"	ML	12,57	\$ 20.036,80	\$ 251.862,58
6,03	Yee sanitaria reducida ø=4x2"	UND	1,00	\$ 26.371,20	\$ 26.371,20
6,04	Yee sanitaria ø= 4"	UND	1,00	\$ 28.476,00	\$ 28.476,00
6,05	Yee sanitaria ø= 2"	UND	4,00	\$ 11.130,51	\$ 44.522,04
6,06	Codo 45° ø= 2"	UND	2,00	\$ 10.300,00	\$ 20.600,00
6,07	Codo 90° ø= 2"	UND	5,00	\$ 25.242,00	\$ 126.210,00
6,08	Codo 90° ø= 4"	UND	1,00	\$ 35.642,00	\$ 35.642,00
6,09	Sifón piso, ducha 2" PVC, incl. Rejilla alum anticu	UND	1,00	\$ 26.656,00	\$ 26.656,00
6,10	Sifón piso, ducha 4" PVC, incl. Rejilla alum anticu	UND	2,00	\$ 38.756,80	\$ 77.513,60
6,11	Poyos en concreto de 50*8 cm en coc de 3000 psi	ML	0,80	\$ 15.872,00	\$ 12.697,60
6,12	Caja de inspección 0.50*0.50*0.50m concreto 3000 psi e=0,07mts	UND	2,00	\$ 125.238,40	\$ 250.476,80
TOTAL INSTALACIONES SANITARIAS					\$ 986.344,42
7	APARATOS SANITARIOS				

Figura 11. Presupuesto oficial (Parte 4)

7,01	Sanitario acuaser blanco corona o similar	UND	1,00	\$ 230.672,00	\$ 230.672,00
7,02	Lavamanos sobreponer corona o similar	UND	1,00	\$ 132.279,20	\$ 132.279,20
7,03	Juego de incrustaciones blanco	UND	1,00	\$ 56.928,80	\$ 56.928,80
7,04	Lavaplatos en acero inoxidable 0,60 x 0,40 inc grifería	UND	1,00	\$ 90.514,40	\$ 90.514,40
7,05	Conjunto ducha y registro grival	UND	1,00	\$ 51.910,40	\$ 51.910,40
7,06	Lavadero prefabricado 0,65*0,80	UND	1,00	\$ 120.024,00	\$ 120.024,00
TOTAL APARATOS SANITARIOS					\$ 682.328,80
8	INSTALACIONES ELECTRICAS				
8,01	Salida para lámpara 110V L= 6m	UND	7,00	\$ 55.475,20	\$ 388.326,40
8,02	Salida para toma corriente doble con polo a tierra	UND	6,00	\$ 58.464,00	\$ 350.784,00
8,03	Salida para toma GFCI	UND	2,00	\$ 82.091,20	\$ 164.182,40
8,04	Tablero paracial de 8 circuitos incluye breakers	UND	1,00	\$ 242.837,82	\$ 242.837,82
8,05	Acometida monofasica N° 8 L=25m, incluye contador y polo a tierra	UND	1,00	\$ 426.361,60	\$ 426.361,60

Figura 12. Presupuesto oficial (Parte 5)

8,06	Bajante con tubo conduct metalico 1" L=6m	UND	1,00	\$ 105.576,80	\$ 105.576,80
TOTAL INSTALACIONES ELECTRICAS					\$ 1.678.069,02
9	INSTALACIONES HIDRAULICAS				
9,01	Tubería PVC presión RED 21 ø=1"	ML	8,44	\$ 4.422,40	\$ 37.325,06
9,02	Tubería PVC presión RED 21 ø=3/4"	ML	3,88	\$ 3.139,20	\$ 12.180,10
9,03	Tubería PVC presión RED 21 ø=1/2"	ML	14,49	\$ 3.352,00	\$ 48.570,48
9,04	Válvula cortina 1" RED-White 250psi	UND	1,00	\$ 39.814,40	\$ 39.814,40
9,05	Válvula cortina 3/4" RED-White 250psi	UND	1,00	\$ 22.612,80	\$ 22.612,80
9,06	Tanque de agua 500 LT PVC incl. Conexión 3/4-1/2	UND	1,00	\$ 369.108,80	\$ 369.108,80
TOTAL INSTALACIONES HIDRAULICAS					\$ 529.611,63
10	PISOS				
10,01	Placa de contrapiso e=10cm 3000 psi	M2	32,72	\$ 31.431,20	\$ 1.028.428,86
10,02	Mortero afinado de piso 1.4 e=50mm	M2	5,09	\$ 25.209,60	\$ 128.316,86
TOTAL PISOS					\$ 1.156.745,73
11	MAMPOSTERIA				
11,01	Bloque en arcilla estructural A=0,12mts de perforación vertical	M2	90,00	\$ 53.636,80	\$ 4.827.312,00

Figura 13. Presupuesto oficial (Parte 6)

TOTAL MAMPOSTERIA					\$ 4.827.312,00
12	ESTRUCTURA METALICA				
12,01	Correa perfil rect. PHR negro 100x38x1.2 mm C.18	ML	49,16	\$ 18.914,40	\$ 929.831,90
TOTAL ESTRUCTURA METALICA					\$ 929.831,90
13	CUBIERTA				
13,01	Teja asbesto cemento perfil 7 prom. 5-6-7-8-9-10	M2	44,33	\$ 33.959,20	\$ 1.505.411,34
13,02	Claraboya eternit N°6 incl vidrio	M2	1,44	\$ 79.072,80	\$ 113.864,83
13,03	Manto mortepas Alumi 3mm incl limpieza	ML	2,85	\$ 15.000,80	\$ 42.752,28
TOTAL CUBIERTA					\$ 1.662.028,45
14	PAÑETES				
14,01	Pañete muros interiores mortero 1:4 incluye filos y dilataciones	M2	12,94	\$ 18.836,80	\$ 243.748,19
TOTAL PAÑETES					\$ 243.748,19
15	CARPINTERIA METALICA				
15,01	Ventana en lámina Coll rolled cal. 20 incl. Pintura y anticorrosivo	M2	5,34	\$ 88.000,00	\$ 469.920,00
15,02	Ventana en aluminio sistema persiana fija en aluminio	M2	0,50	\$ 147.212,80	\$ 73.606,40

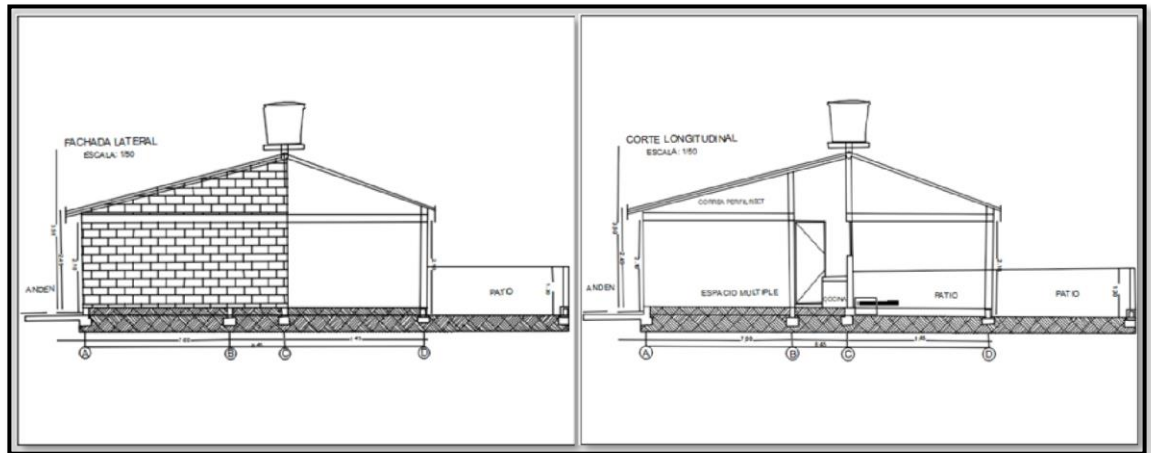
Figura 14. Presupuesto Oficial (Parte 7)

15,03	Puerta TAB. CORR, marco cerra 987 yale. LCR20 2*0,9	UND	1,00	\$ 334.460,80	\$ 334.460,80
15,04	Puerta TAB. CORR, marco PASAD LAM COLL R c20 2*0,8	UND	1,00	\$ 268.644,00	\$ 268.644,00
15,05	Puerta TAB. CORR, marco PASAD LAM COLL R c20 2*0,7	UND	1,00	\$ 192.159,20	\$ 192.159,20
TOTAL CARPINTERIA METALICA					\$ 1.338.790,40
16	ENCHAPES				
16,01	Piso en cerámica lisa 20*20 línea durotech	M2	2,39	\$ 38.529,60	\$ 92.085,74
16,02	Porcelana estampada blanca tipo mediterráneo 20*20	M2	10,85	\$ 37.295,20	\$ 404.652,92
TOTAL ENCHAPES					\$ 496.738,66
17	VIDRIOS				
17,01	Transparente 4mm	M2	2,06	\$ 44.536,00	\$ 91.744,16
TOTAL VIDRIOS					\$ 91.744,16
VALOR TOTAL COSTOS DIRECTOS					\$ 25.183.221,37
ADMINISTRACIÓN				18%	\$ 4.532.979,85
IMPREVISTOS				1%	\$ 251.832,21
UTILIDAD				6%	\$ 1.510.993,28
VALOR TOTAL COSTOS INDIRECTOS					\$ 6.295.805,34
SERVICIOS					
18,01	Inspección y certificación Retie de uso final	UND	1,00	\$ 26.176,00	\$ 26.176,00
SUBTOTAL SERVICIOS					26.176,00
VALOR TOTAL VIVIENDA					\$ 31.505.202,71

Fuente: Propia

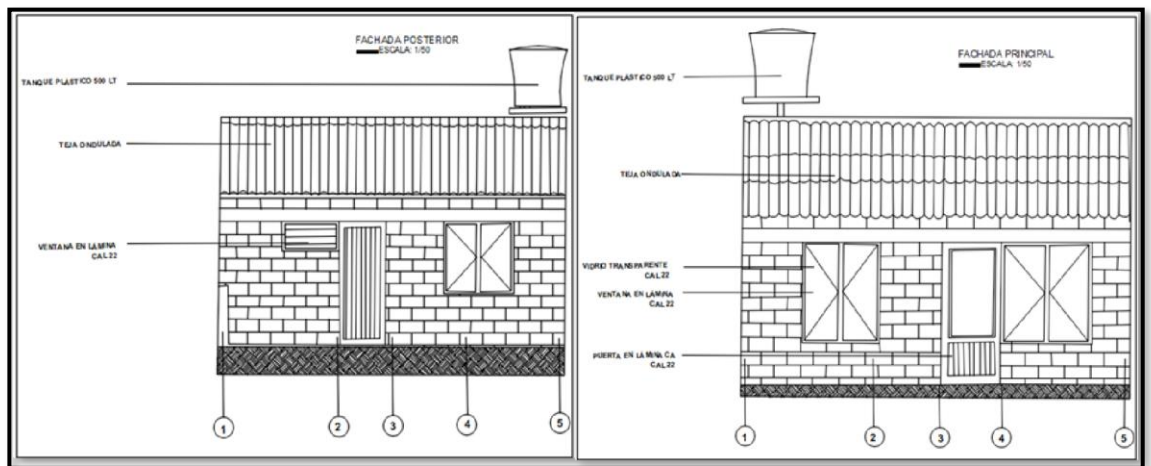
6.3. PLANIMETRÍA ORIGINAL POR UNIDAD DE VIVIENDA, METODOLOGÍA TRADICIONAL

Figura 15. Planos originales (Parte 1)



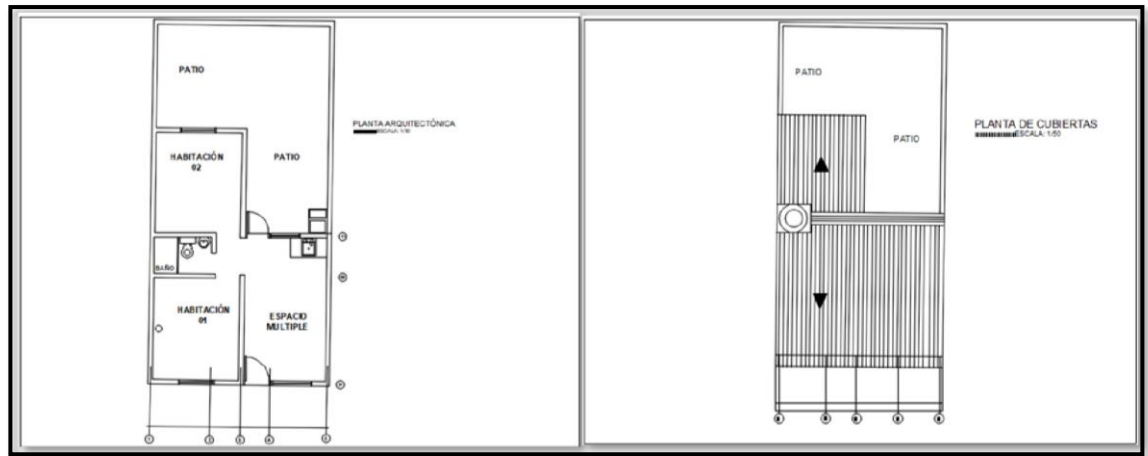
Fuente: Propia

Figura 16. Planos originales (Parte 2)



Fuente: Propia

Figura 17. Planos originales (Parte 3)

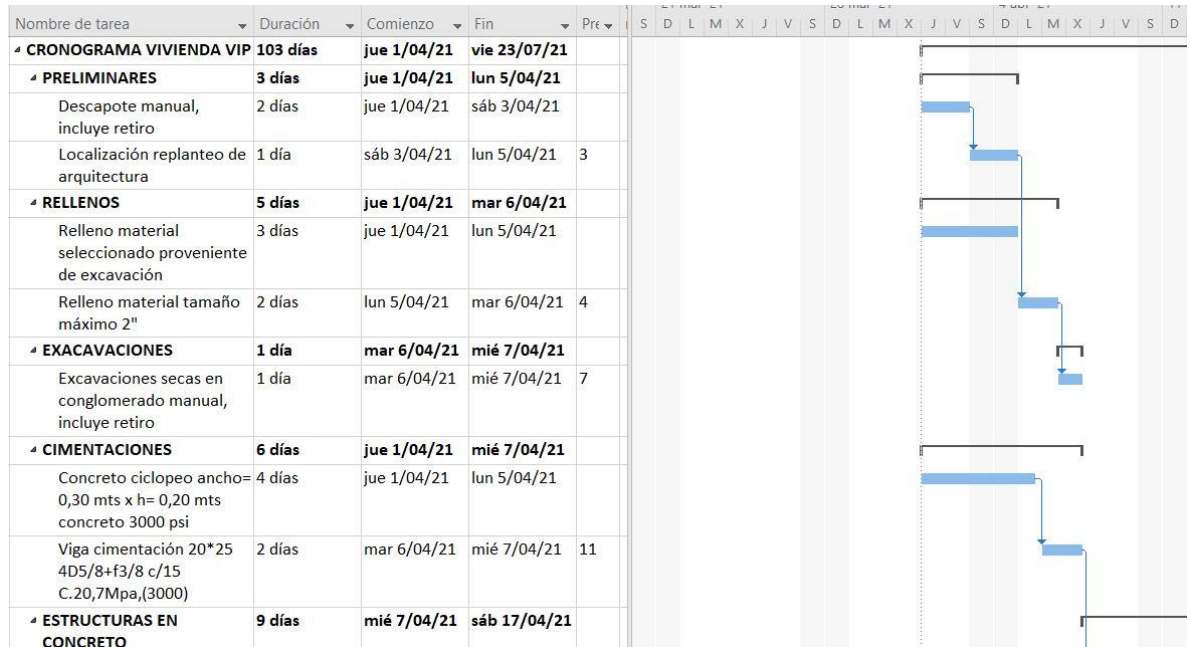


Fuente: Propia

6.4. CRONOGRAMA ORIGINAL POR UNIDAD DE VIVIENDA, METODOLOGÍA TRADICIONAL

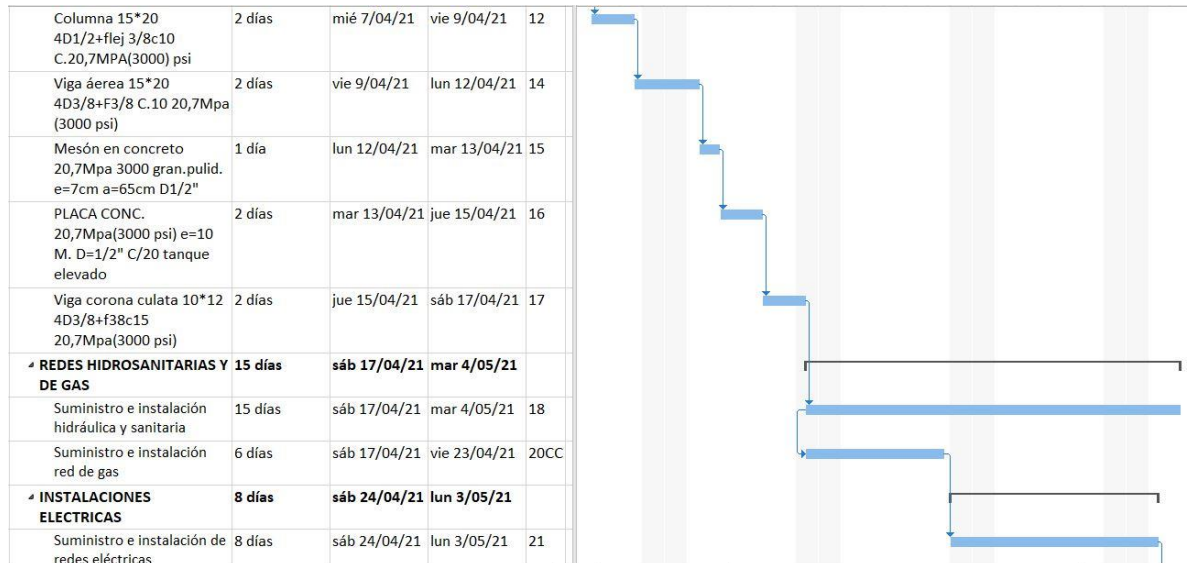
Este cronograma es a muestra original de cómo se llevó a cabo el proyecto San Nicolas, un seguimiento no cooperativo, con fallas notables a simple vista y con fechas no presentables. A demás no se entiende cómo se puede presentar un programa de obra con retrasos de hasta 70% en un proyecto público.

Figura 18. Cronograma original (Parte 1)



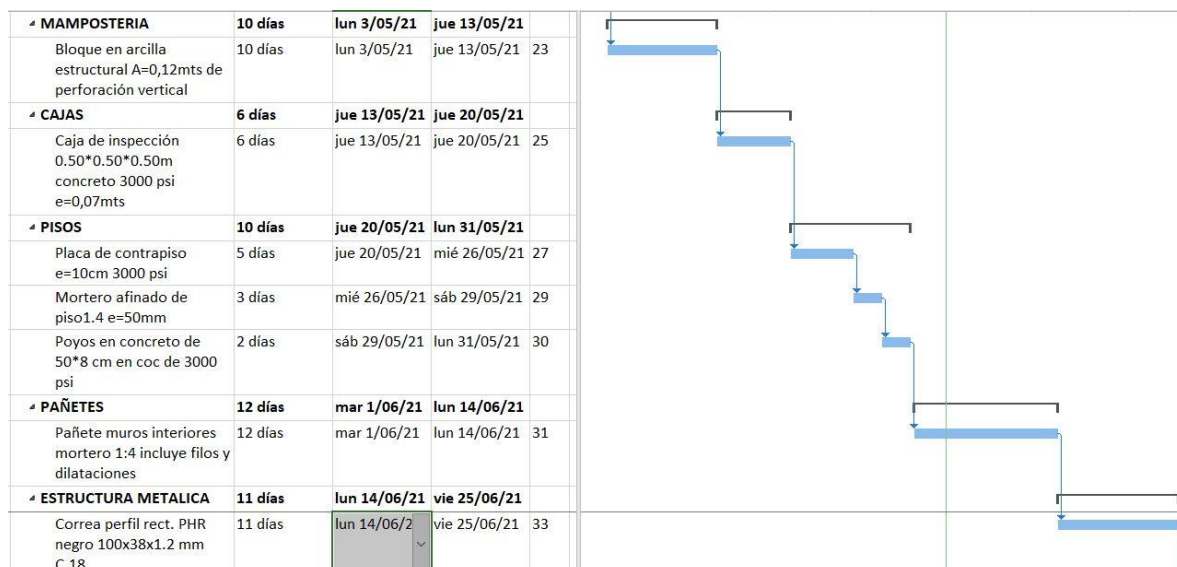
Fuente: Propia

Figura 19. Cronograma original (Parte 2)



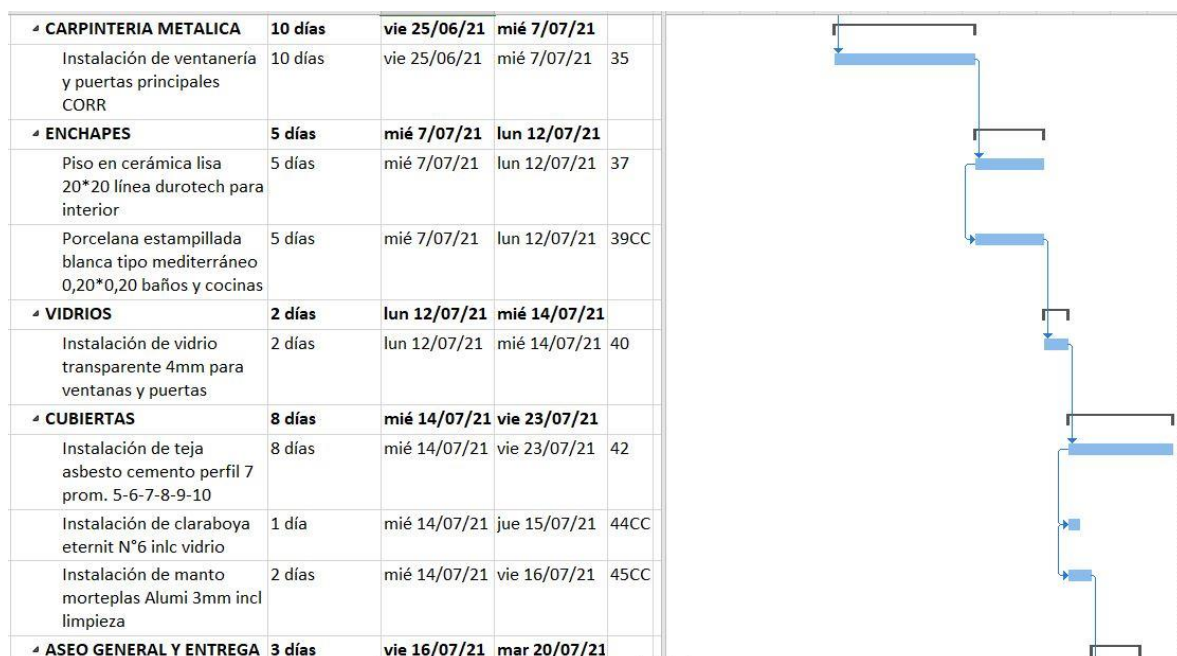
Fuente: Propia

Figura 20. Cronograma original (Parte 3)



Fuente: Propia

Figura 21. Cronograma original (Parte 4)



Fuente: Propia

Fuente: Propia

6.5. PRESUPUESTO MODIFICADO POR UNIDAD DE VIVIENDA, METODOLOGÍA BIM (REVIT)

Figura 22. Presupuesto modificado (Parte 1)

PRESUPUESTO PARA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL Y PRIORITARIO						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	VALOR CAPITULO
1	PRELIMINARES					\$ 293.999,67
1,01	Descapote manual, incluye retiro	M2	72,00	\$ 3.100,20	\$ 223.214,40	
1,02	Localización replanteo de arquitectura	M2	41,00	\$ 1.726,47	\$ 70.785,27	
TOTAL PRELIMINARES					\$ 293.999,67	
2	RELLENOS					\$ 142.161,33
2,01	Relleno material seleccionado proveniente de excavación	M3	3,45	\$ 12.320,85	\$ 42.506,93	
2,02	Relleno material tamaño máximo 2"	M3	3,27	\$ 30.475,35	\$ 99.654,39	
TOTAL RELLENOS					\$ 142.161,33	
3	EXCAVACIONES					\$ 593.839,84
3,01	Excavaciones secas en conglomerado manual, incluye retiro	M3	16,20	\$ 36.656,78	\$ 593.839,84	
TOTAL EXCAVACIONES					\$ 593.839,84	
4	CIMENTACIONES					\$ 4.105.882,62
4,01	Concreto ciclopeo ancho= 0,30 mts x h= 0,20 mts concreto 3000 psi	M3	2,46	\$ 321.660,78	\$ 791.285,52	
4,02	Viga cimentación 20*25 4D5/8+f3/8 c/15 C.20,7Mpa,(3000)	ML	48,23	\$ 68.724,80	\$ 3.314.597,10	
TOTAL CIMENTACIONES					\$ 4.105.882,62	
5	ESTRUCTURAS EN CONCRETO					\$ 5.901.200,86
5,01	Columna 15*20 4D1/2+flej 3/8c10 C.20,7MPA(3000) psi	ML	48,00	\$ 62.050,52	\$ 2.978.424,96	
5,02	Viga aérea 15*20 4D3/8+F3/8 C.10 20,7Mpa (3000 psi)	ML	42,35	\$ 47.385,00	\$ 2.006.754,75	
5,03	Mesón en concreto 20.7Mpa 3000 gran.pulid. e=7cm a=65cm D1/2"	ML	1,20	\$ 92.665,31	\$ 111.198,37	
5,04	PLACA CONC. 20,7Mpa(3000 psi) e=10 M. D=1/2" C/20 tanque elevado	M2	1,20	\$ 115.811,31	\$ 138.973,57	
5,05	Viga corona culata 10*12 4D3/8+f38c15 20,7Mpa(3000 psi)	MI	21,87	\$ 30.445,78	\$ 665.849,21	
TOTAL ESTRUCTURAS EN CONCRETO					\$ 5.901.200,86	

Fuente: Propia

Figura 23. Presupuesto modificado (Parte 2)

6	INSTALACIONES SANITARIAS					\$	940.239,92
6,01	Tubería PVC sanitaria ø=2"	ML	7,54	\$	11.280,20	\$	85.052,71
6,02	Tubería PVC sanitaria ø=4"	ML	12,57	\$	19.036,80	\$	239.292,58
6,03	Yee sanitaria reducida ø= 4x2"	UND	1,00	\$	24.371,20	\$	24.371,20
6,04	Yee sanitaria ø= 4"	UND	1,00	\$	27.486,00	\$	27.486,00
6,05	Yee sanitaria ø= 2"	UND	4,00	\$	11.020,11	\$	44.080,44
6,06	Codo 45° ø= 2"	UND	2,00	\$	9.100,00	\$	18.200,00
6,07	Codo 90° ø= 2"	UND	5,00	\$	22.122,00	\$	110.610,00
6,08	Codo 90° ø= 4"	UND	1,00	\$	31.445,00	\$	31.445,00
6,09	Sifón piso, ducha 2" PVC, incl. Rejilla alum anticu	UND	1,00	\$	26.656,00	\$	26.656,00
6,10	Sifón piso, ducha 4" PVC, incl. Rejilla alum anticu	UND	2,00	\$	38.112,80	\$	76.225,60
6,11	Poyos en concreto de 50*8 cm en coc de 3000 psi	ML	0,80	\$	15.442,00	\$	12.353,60
6,12	Caja de inspección 0.50*0.50*0.50m concreto 3000 psi e=0,07mts	UND	2,00	\$	122.233,40	\$	244.466,80
TOTAL INSTALACIONES SANITARIAS						\$	940.239,92
7	APARATOS SANITARIOS					\$	669.883,70
7,01	Sanitario acuaaser blanco corona o similar	UND	1,00	\$	226.000,00	\$	226.000,00
7,02	Lavamanos sobreponer corona o similar	UND	1,00	\$	131.219,10	\$	131.219,10
7,03	Juego de incrustaciones blanco	UND	1,00	\$	55.428,80	\$	55.428,80
7,04	Lavaplatos en acero inoxidable 0,60 x 0,40 inc grifería	UND	1,00	\$	90.010,40	\$	90.010,40
7,05	Conjunto ducha y registro grival	UND	1,00	\$	51.201,40	\$	51.201,40
7,06	Lavadero prefabricado 0,65*0,80	UND	1,00	\$	116.024,00	\$	116.024,00
TOTAL APARATOS SANITARIOS						\$	669.883,70
8	INSTALACIONES ELECTRICAS					\$	1.551.475,41
8,01	Salida para lámpara 110V L= 6m	UND	7,00	\$	52.315,87	\$	366.211,09
8,02	Salida para toma corriente doble con polo a tierra	UND	6,00	\$	46.261,00	\$	277.566,00
8,03	Salida para toma GFCI	UND	2,00	\$	82.091,20	\$	164.182,40
8,04	Tablero paracial de 8 circuitos incluye breakers	UND	1,00	\$	225.877,82	\$	225.877,82
8,05	Acometida monofasica N° 8 L=25m, incluye contador y polo a tierra	UND	1,00	\$	416.261,30	\$	416.261,30
8,06	Bajante con tubo conduct metalico 1" L=6m	UND	1,00	\$	101.376,80	\$	101.376,80

Fuente: Propia

Figura 24. Presupuesto Modificado (Parte 3)

TOTAL INSTALACIONES ELECTRICAS					\$	1.551.475,41	
9	INSTALACIONES HIDRAULICAS						\$ 467.105,96
9,01	Tubería PVC presión RED 21 ø=1"	ML	8,44	\$ 3.352,40	\$	28.294,26	
9,02	Tubería PVC presión RED 21 ø=3/4"	ML	3,88	\$ 3.119,10	\$	12.102,11	
9,03	Tubería PVC presión RED 21 ø=1/2"	ML	14,49	\$ 3.152,00	\$	45.672,48	
9,04	Válvula cortina 1" RED-White 250psi	UND	1,00	\$ 37.614,12	\$	37.614,12	
9,05	Válvula cortina 3/4" RED-White 250psi	UND	1,00	\$ 22.311,80	\$	22.311,80	
9,06	Tanque de agua 500 LT PVC incl. Conexión 3/4-1/2	UND	1,00	\$ 321.111,20	\$	321.111,20	
TOTAL INSTALACIONES HIDRAULICAS					\$	467.105,96	
10	PISOS						\$ 1.029.161,56
10,01	Placa de contrapiso e=10cm 3000 psi	M2	32,72	\$ 28.000,00	\$	916.160,00	
10,02	Mortero afinado de piso 1.4 e=50mm	M2	5,09	\$ 22.200,70	\$	113.001,56	
TOTAL PISOS					\$	1.029.161,56	
11	MAMPOSTERIA						\$ 4.519.332,00
11,01	Bloque en arcilla estructural A=0,12mts de perforación vertical	M2	90,00	\$ 50.214,80	\$	4.519.332,00	
TOTAL MAMPOSTERIA					\$	4.519.332,00	
12	ESTRUCTURA METALICA						\$ 884.880,00
12,01	Correa perfil rect. PHR negro 100x38x1.2 mm C.18	ML	49,16	\$ 18.000,00	\$	884.880,00	
TOTAL ESTRUCTURA METALICA					\$	884.880,00	
13	CUBIERTA						\$ 1.539.037,18
13,01	Teja asbesto cemento perfil 7 prom. 5-6-7-8-9-10	M2	44,33	\$ 31.800,20	\$	1.409.702,87	
13,02	Claraboya eternit N°6 incl vidrio	M2	1,44	\$ 72.002,80	\$	103.684,03	
13,03	Manto mortepias Alumi 3mm incl limpieza	ML	2,85	\$ 9.000,10	\$	25.650,29	
TOTAL CUBIERTA					\$	1.539.037,18	
14	PAÑETES						\$ 213.510,00

Fuente: Propia

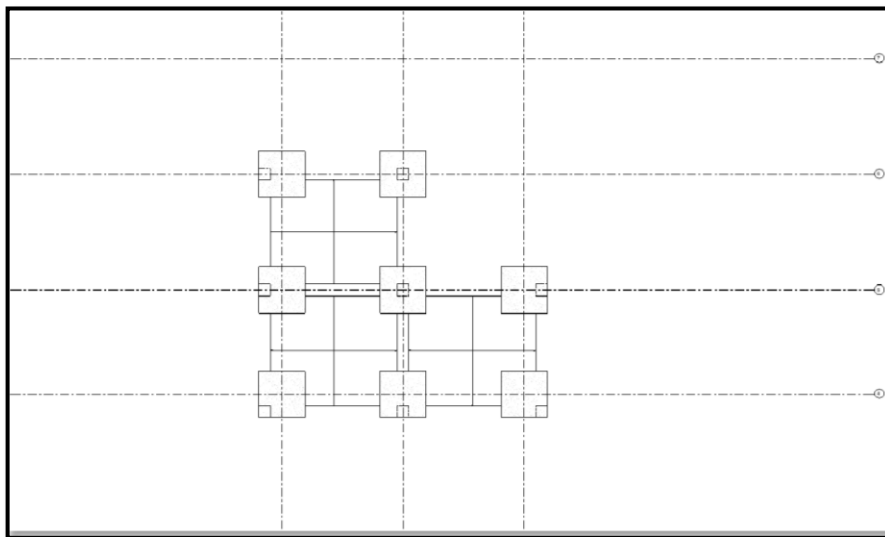
Figura 25. Presupuesto modificado (Parte 4)

13,01	Teja asbesto cemento perfil 7 prom. 5-6-7-8-9-10	M2	44,33	\$ 31.800,20	\$ 1.409.702,87	
13,02	Claraboya eternit N°6 incl vidrio	M2	1,44	\$ 72.002,80	\$ 103.684,03	
13,03	Manto mortepias Alumi 3mm incl limpieza	ML	2,85	\$ 9.000,10	\$ 25.650,29	
TOTAL CUBIERTA					\$ 1.539.037,18	
14	PAÑETES					\$ 213.510,00
14,01	Pañete muros interiores mortero 1:4 incluye filos y dilataciones	M2	12,94	\$ 16.500,00	\$ 213.510,00	
TOTAL PAÑETES					\$ 213.510,00	
15	CARPINTERIA METALICA					\$ 1.338.790,40
15,01	Ventana en lámina Coll rolled cal. 20 incl. Pintura y anticorrosivo	M2	5,34	\$ 88.000,00	\$ 469.920,00	
15,02	Ventana en aluminio sistema persiana fija en aluminio	M2	0,50	\$ 147.212,80	\$ 73.606,40	
15,03	Puerta TAB. CORR, marco cerra 987 yale. LCR20 2*0,9	UND	1,00	\$ 334.460,80	\$ 334.460,80	
15,04	Puerta TAB. CORR, marco PASAD LAM COLL R c20 2*0,8	UND	1,00	\$ 268.644,00	\$ 268.644,00	
15,05	Puerta TAB. CORR, marco PASAD LAM COLL R c20 2*0,7	UND	1,00	\$ 192.159,20	\$ 192.159,20	
TOTAL CARPINTERIA METALICA					\$ 1.338.790,40	
16	ENCHAPES					\$ 416.789,81
16,01	Piso en cerámica lisa 20*20 línea duretech	M2	2,39	\$ 32.300,80	\$ 77.198,91	
16,02	Porcelana estampillada blanca tipo mediterráneo 0,20*0,20	M2	10,85	\$ 31.298,70	\$ 339.590,90	
TOTAL ENCHAPES					\$ 416.789,81	
17	VIDRIOS					\$ 91.744,16
17,01	Transparente 4mm	M2	2,06	\$ 44.536,00	\$ 91.744,16	
TOTAL VIDRIOS					\$ 91.744,16	
VALOR TOTAL DE UNA UNIDAD DE VIVIENDA ACTUALIZADA						\$ 24.699.034,43

Fuente: Propia

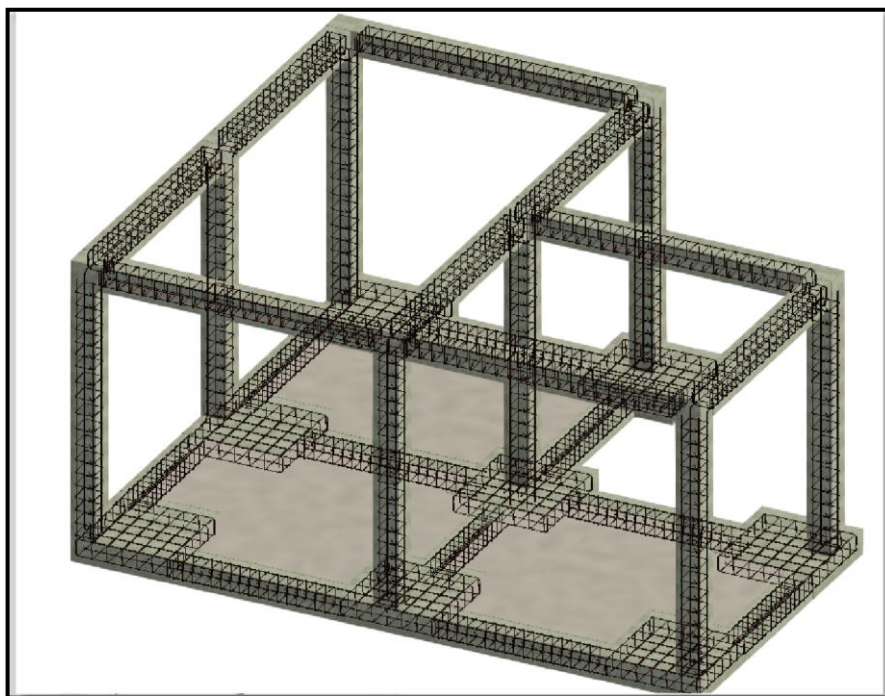
6.6. PLANIMETRÍA MODIFICADA POR UNIDAD DE VIVIENDA, DESARROLLADA MEDIANTE BIM REVIT

Figura 26. Planimetría modificada Revit (Parte 1)



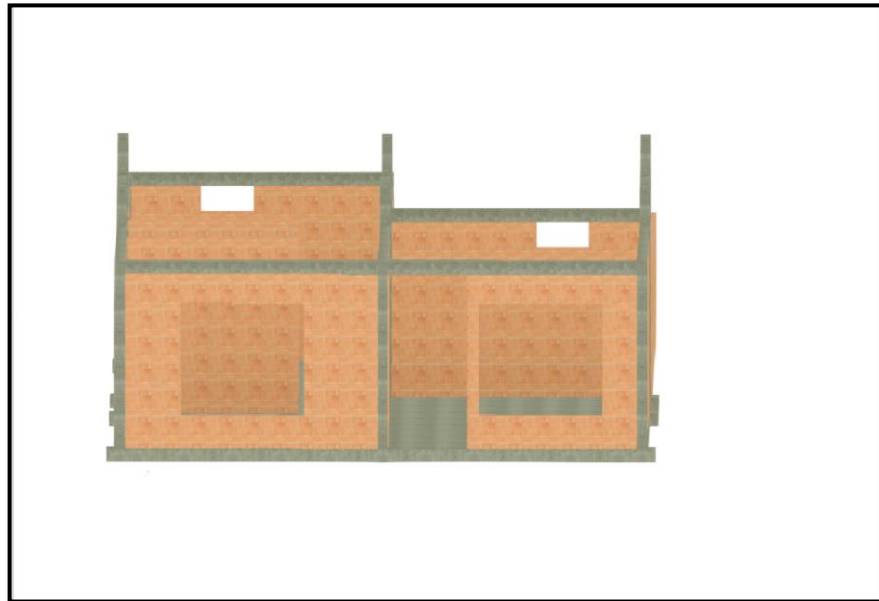
Fuente: Propia

Figura 27. Planimetría modificada Revit (Parte 2)



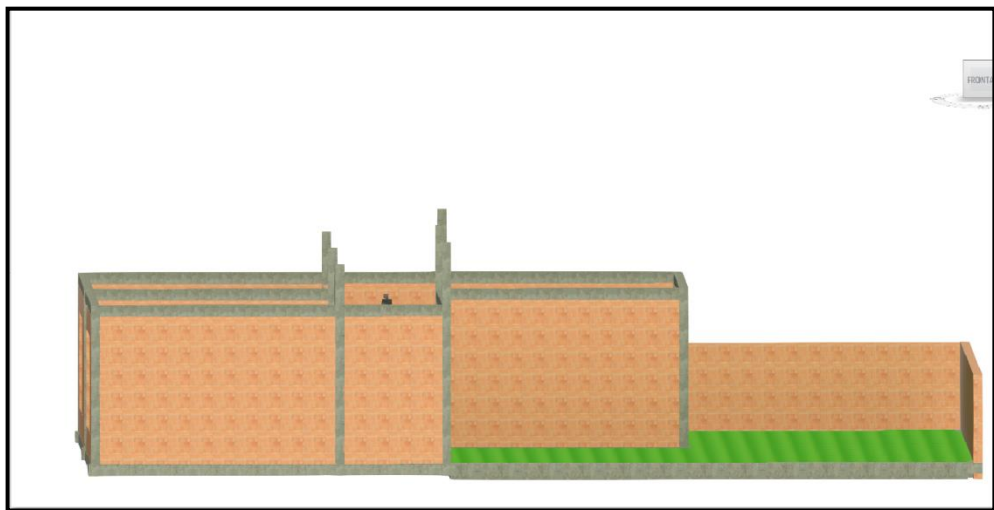
Fuente: Propia

Figura 28. Planimetría modificada Revit (Parte 2)



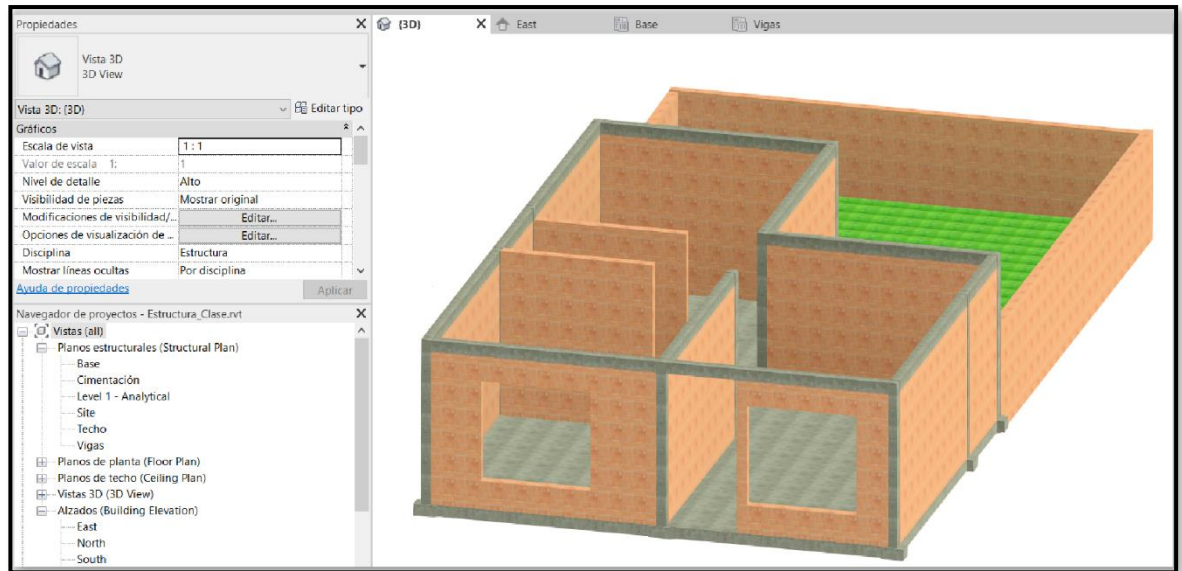
Fuente: Propia

Figura 29. Planimetría modificada Revit (Parte 3)



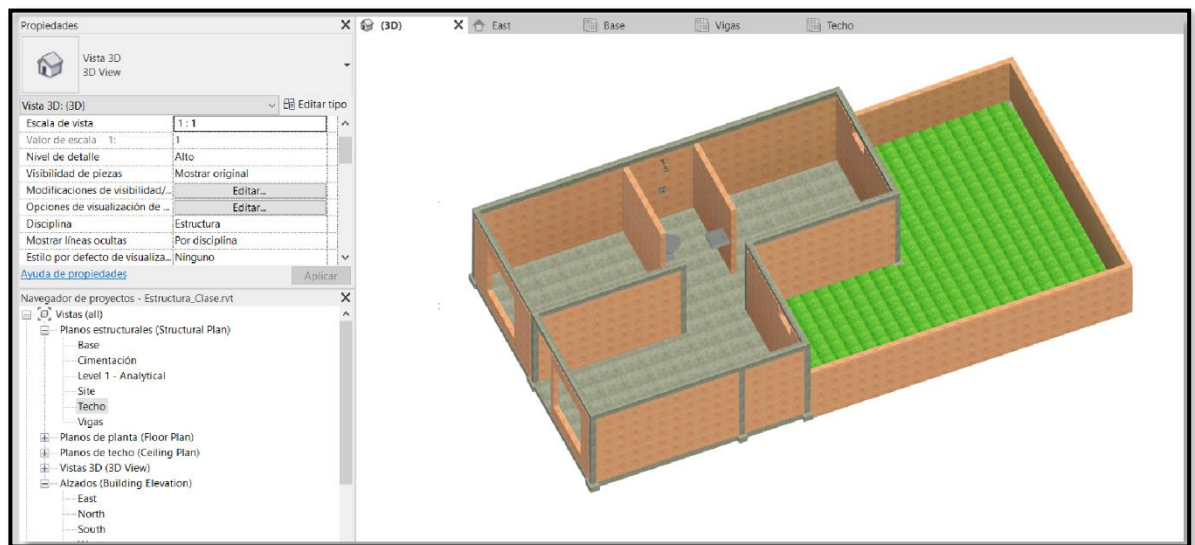
Fuente: Propia

Figura 30. Planimetría modificada Revit (Parte 4)



Fuente: Propia

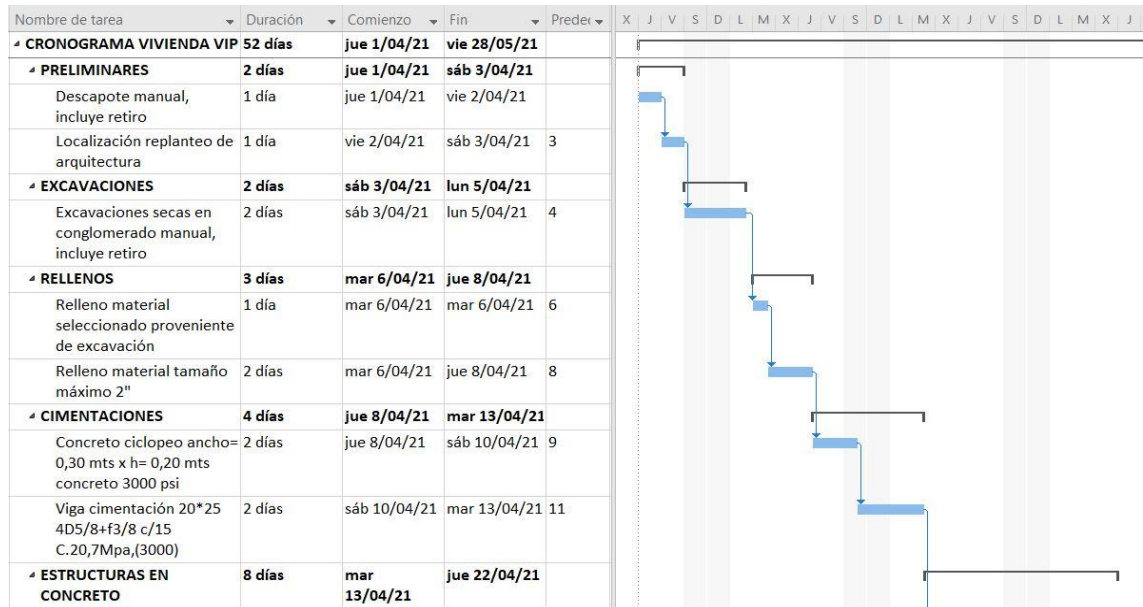
Figura 31. Planimetría modificada Revit (Parte 5)



Fuente: Propia

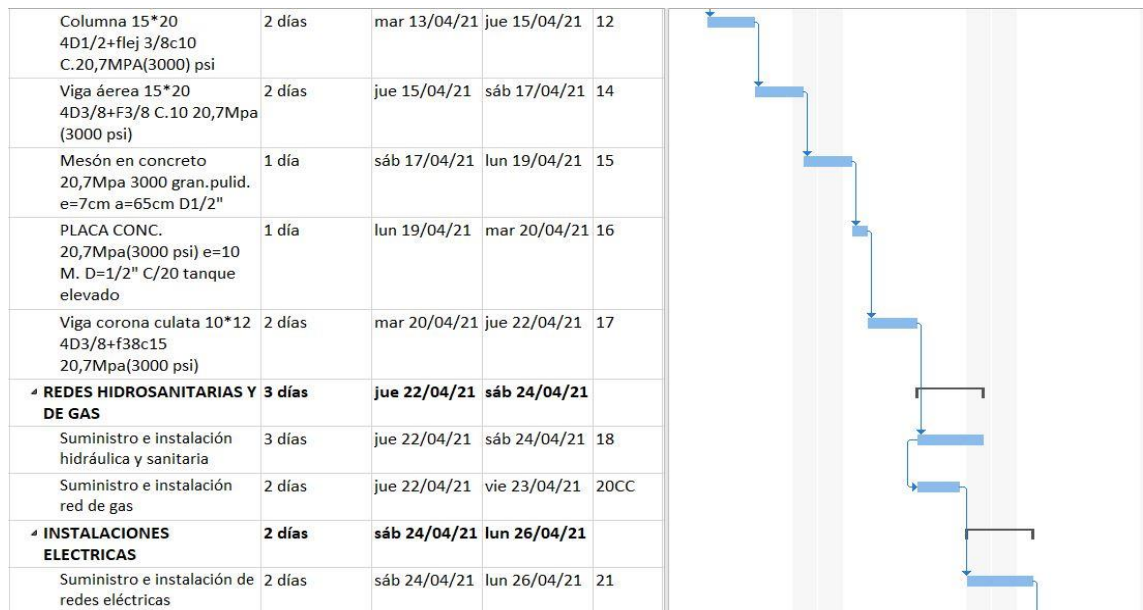
6.7. CRONOGRAMA DE OBRA Y CONSTRUCCIÓN POR UNIDAD DE VIVIENDA, DESARROLLADA CON METODOLOGÍA BIM

Figura 32. Cronograma modificado (Parte 1)



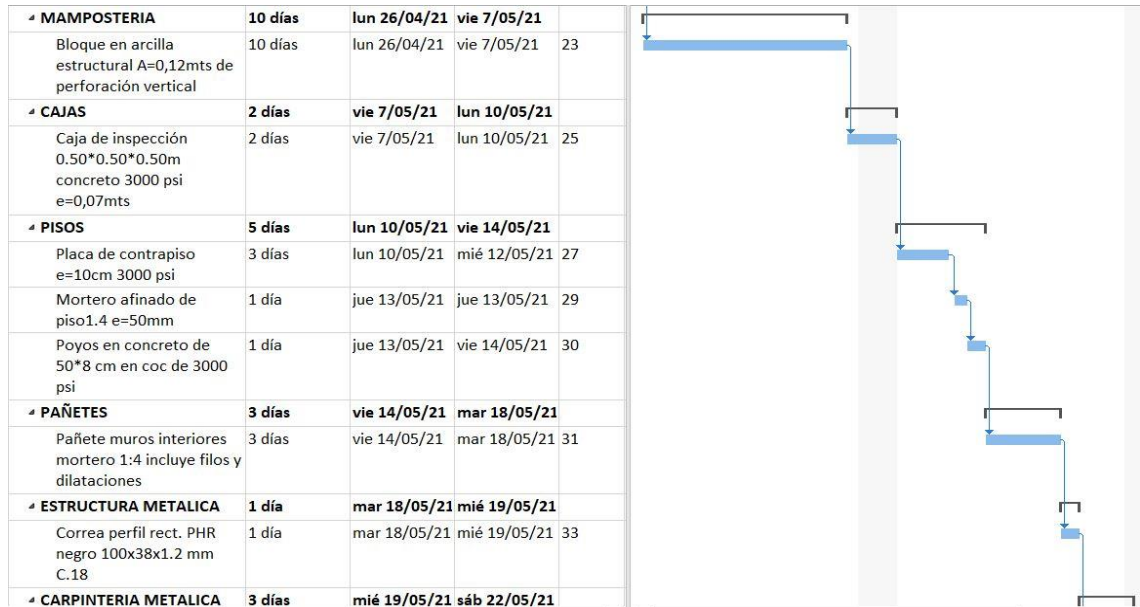
Fuente: Propia

Figura 33. Cronograma modificado (Parte 2)



Fuente: Propia

Figura 34. Cronograma modificado parte 3



Fuente: Propia

Figura 35. Cronograma modificado parte 4



Fuente: Propia

6.8. PROCESOS INVOLUCRADOS

Durante la ejecución y puesta en marcha de las obras o proyectos constructivos, estos presencian una serie de problemas por causa de mala coordinación entre las partes involucradas, falta de gestión y direccionamiento por parte de los directores, errores y deficiencias técnicas en los planos, información absolutamente necesaria incompleta o no desarrollada, materiales de construcción que no cumplen con requisitos y especificaciones técnicas para su uso, cronogramas de trabajo establecidos a la realidad y creados en tiempo real con actividades verdaderas y estipulando tiempos reales entre otros.

Cada uno de estos problemas o inconvenientes se ven reflejados en grandes cantidades de tiempo y costos de cualquier proyecto, puesto en contexto, lo que se busca realizar mediante la metodología BIM es reducir errores, problemas y dificultades para mejorar las condiciones generales del proyecto.

6.8.1. ANÁLISIS DE COSTES PRESENTADO MEDIANTE METODOLOGÍA CAD CON RESPECTO A METODOLOGÍA BIM

Para llevar a cabo un presupuesto se tienen que tener en cuenta algunos parámetros de tipo general, estos parámetros permiten el direccionamiento de cada uno de los procesos que se deben ejecutar al momento de preparar el documento y de proponer materiales, costos y cantidades.

El primer parámetro es definir las características de la obra.

Es un proceso en el que se debe identificar el tipo de obra, donde estará ubicada, el sistema constructivo y la totalidad de terreno construible.

El segundo parámetro es el cálculo de costes que generan cada una de las actividades.

Es un proceso en el cual se debe tomar cada una de las tareas que han tenido que ser definidas anteriormente y por experiencia propia, por trabajos parecidos y por valores de mercado, detallar el coste que tendría este.

El tercer parámetro es realizar el cálculo de la cantidad de materiales a utilizar.

Este es un parámetro muy importante en la elaboración de un presupuesto de obra, el factor principal es determinar qué tipo de materiales se desea utilizar su costo unitario y su costo total, no es un trabajo fácil, se trata de realizar un estudio del sector donde estará ubicada la obra y de igual forma rescatar información de bases de datos de compañías públicas y privadas que poseen un listado de materiales con precios actualizados.

El cuarto y último parámetro es la evaluación y revisión de todas las actividades del presupuesto de obra.

Esto se trata de retomar nuevamente los tres parámetros anteriores y revisar detenidamente cada una, con el fin de evaluar nuevamente la actividad y dado el caso que no se adecúe se cambia o se modifica.

Figura 36. Elaboración del presupuesto según BIM



Fuente: Propia

Hoy en día un gran porcentaje de los proyectos de construcción tanto públicos como privados se llevan a cabo mediante metodologías tradicionales, que durante ya varios años han venido ocupando la totalidad del comercio en las obras de construcción. La construcción de presupuestos mediante CAD es simplemente la elaboración de una serie de planos en programas con tecnologías antiguas, que permiten llevar a puesta construcciones al papel en un sistema 2D. Estos presupuestos son una cuantificación mal estimada de dibujantes y modeladores que llevan a cabo planos que, al ponerse en realidad, presentan miles de fallas y errores que demuestran la falta de coordinación, diseño y modelamiento.

Figura 37. Toma de presupuesto original

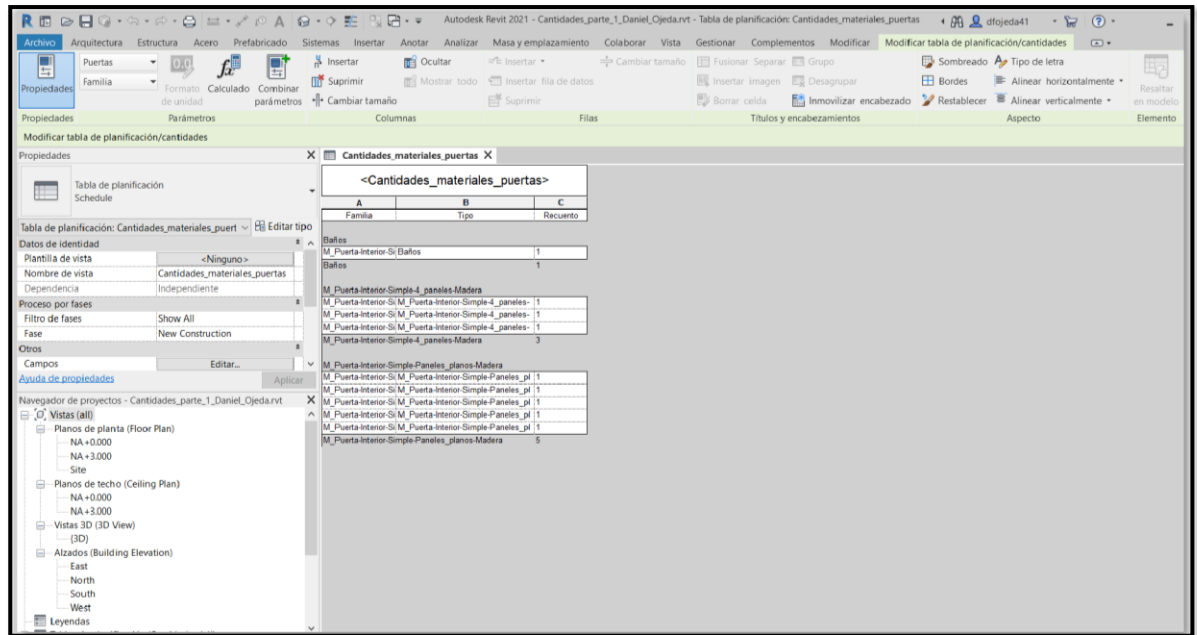
PRESUPUESTO					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
VIVIENDA BASICA					
1	PRELIMINARES				
1.01	Descapote manual, incluye retiro	M2	72,00	\$ 3.179,20	\$ 228.902,00
1.02	Localización y replanteo arquitectura	M2	41,00	\$ 1.944,47	\$ 79.723,14
Total PRELIMINARES					\$ 308.625,14
2	RELLENOS				
2.01	Relleno Material Seleccionado Proveniente de la Excavacion (Compactacion Manual)	M3	3,45	\$ 12.425,60	\$ 42.868,00
2.02	Relleno material tamaño máximo 2" Compactación manual	M3	3,27	\$ 31.525,60	\$ 103.141,45
Total RELLENOS					\$ 146.009,45
3	EXCAVACIONES				
3.01	Excavaciones secas en conglomerado manual. Incluye retiro	M3	16,20	\$ 38.552,80	\$ 624.555,00
Total EXCAVACIONES					\$ 624.555,00
4	CIMENTACION				
4.01	Concreto ciclopeo ancho= 0,30mts x h= 0,20mts concreto (3000 psi)	M3	2,46	\$ 324.998,40	799.496,00
4.02	Viga Cimentacion 20*25 4D5/8+13/8 c/15 C.20,7MPa (3000)	ML	48,23	\$ 68.724,80	3.314.597,00
Total CIMENTACION					\$ 4.114.093,00
5	ESTRUCTURA EN CONCRETO				
5.01	Columna 15*20 4D1/2+flej 3/8c10 C.20,7MPa(3000).ps	ML	48,00	\$ 62.140,80	\$ 2.982.758,00
5.02	Viga Aerea 15*20 4D3/8+13/8 C10. 20,7 Mpa (3000psi)	ML	42,35	\$ 48.392,00	\$ 2.049.401,00
5.03	Meson en concreto 20,7MPa, 3000. gran.pulid e=7cm a=65 cm D1/2"	ML	1,20	\$ 95.229,60	\$ 114.276,00
5.04	PLACA CONC.20,7MPa(3000psi) e=10 M. D=1/2" C/20 (Tanque elevado)	M2	1,20	\$ 116.819,25	\$ 140.183,00
5.05	Viga Corona culata10*12 4D3/8+13/8c15 20,7MPa(3000ps	MI	21,87	\$ 32.219,20	\$ 704.634,00
Total ESTRUCTURA EN CONCRETO					\$ 5.991.252,00
6	INSTALACIONES SANITARIAS				
6.01	Tuberia PVC sanitaria ø=2"	ML	7,54	\$ 11.315,20	\$ 85.317,00
6.02	Tuberia PVC sanitaria ø=4"	ML	12,57	\$ 20.036,80	\$ 251.863,00
6.03	Yee sanitaria reducida ø=4"x2"	UND	1,00	\$ 26.371,20	\$ 26.371,00
6.04	Yee sanitaria ø=4"	UND	1,00	\$ 28.476,00	\$ 28.476,00
6.05	Yee sanitaria ø=2"	UND	4,00	\$ 11.130,51	\$ 44.522,00
6.06	Codo 45° ø=2"	UND	2,00	\$ 10.300,00	\$ 20.600,00
6.07	Codo 90° ø=2"	UND	5,00	\$ 25.242,40	\$ 126.212,00
6.08	Codo 90° ø=4"	UND	1,00	\$ 35.642,40	\$ 35.642,00
6.09	Sifon Piso, Ducha 2" PVC, incl. rejilla alum anticu	UND	1,00	\$ 26.656,00	\$ 26.656,00
6.10	Sifon Piso, Ducha 4" PVC, incl. rejilla alum anticu	UND	2,00	\$ 38.756,80	\$ 77.514,00
6.11	Poyos en concreto de 50x8 cm en coc de 3000 psi	ML	0,80	\$ 15.872,00	\$ 12.698,00
6.12	Caja de inspeccion 0,50*0,50*0,50 m concreto 3000 psi e=0,07mts	UND	2,00	\$ 125.238,40	\$ 250.477,00
Total INSTALACIONES SANITARIAS					\$ 986.348,00
7	APARATOS SANITARIOS				
7.01	Sanitario acusser blanco corona o similar	UND	1,00	\$ 230.672,00	\$ 230.672,00
7.02	Lavamanos sobreponer corona o similar	UND	1,00	\$ 132.279,20	\$ 132.279,00
7.03	Juego de incrustaciones blanco	UND	1,00	\$ 56.928,80	\$ 56.929,00
7.04	Lavaplatos en acero inoxidable 0,60 x 0,40 Inc griferia	UND	1,00	\$ 90.514,40	\$ 90.514,00
7.05	Conjunto Ducha y registro Grival	UND	1,00	\$ 51.910,40	\$ 51.910,00
7.06	Lavadero prefabricado 0,65*0,80 m	UND	1,00	\$ 120.024,00	\$ 120.024,00
Total APARATOS SANITARIOS					\$ 682.328,00

Fuente: Secop I

El llevar a cabo un presupuesto mediante la metodología BIM, es una dimensión la cual se encarga de los procesos de modelamiento y coordinación de diseños arquitectónicos, estructurales, geotécnicos, redes hidrosanitarias, mecánicas, eléctricas, ambientales y planeación en un único modelo.

Gracias a la información detallada de cada uno de los elementos desarrollados en los planos, se generan informes con presupuestos en cualquier momento de la infraestructura que incluyen costos de materiales, operativos, de mantenimiento y uso.

Figura 38. Cantidades en Autodesk Revit



Fuente: Propia

Con la implementación BIM en la ejecución de presupuestos hay un máximo control en el análisis de costos, se optimizan los tiempos del personal de trabajo y, por supuesto, se generan ahorros al contar con un mayor control y un procesamiento más rápido, permitiendo tomar decisiones más acertadas en la planificación.

Figura 39. Cantidades de obra en Revit

[illegible]

Fuente: Propia

6.8.2. ANÁLISIS DE COSTES PRESENTADO MEDIANTE METODOLOGÍA CAD CON RESPECTO A METODOLOGÍA BIM

El cálculo o estimación de los costes del proyecto “San Nicolas” originalmente se realizaron con métodos convencionales y utilizando herramientas tecnológicas no actualizadas, cabe resaltar que se tuvo que tener en cuenta cada uno de los reprocesos que se presentan frecuentemente en la construcción de viviendas en urbanizaciones. Además de los retrocesos, se tuvo muy presente el ítem de trabajo y el valor extra.

Los materiales y valores de donde fueron tomados cada uno de los capítulos y actividades del presupuesto original, son una recopilación de información de la base de datos de la Agencia para la Infraestructura del Meta “AIM”, las cantidades fueron determinadas por la empresa contratista y avaladas por el ente gubernamental.

De acuerdo a los 17 capítulos presenciados en el presupuesto original, la construcción por unidad de vivienda tendría un costo total incluyendo AIU de \$ 32.286.193,000. Un valor relativamente alto, teniendo en cuenta que la

vivienda se entrega sin acabados especiales y con tan solo 42 m2 contruidos. Este presupuesto no presentaba un estudio de mercado para identificar de donde se llevaría el material y además los precios unitarios se determinaron de acuerdo a los valores del AIM que presenta un incremento significativo en sus precios para obras más allá de 70 km de la capital Villavicencio.

Figura 40. Análisis presupuesto Original

PRESUPUESTO OFICIAL PROYECTO N° 1437 CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL Y PRIORITARIO EN EL MUNICIPIO DEL DORADO EN EL DEPARTAMENTO DEL META					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
VIVIENDA BÁSICA					
1	PRELIMINARES				\$ 308.625,67
2	RELLENOS				\$ 145.957,03
3	EXCAVACIONES				\$ 624.555,36
4	CIMENTACIONES				\$ 4.114.093,17
5	ESTRUCTURA EN CONCRETO				\$ 5.991.252,12
6	INSTALACIONES SANITARIAS				\$ 986.344,42
7	APARATOS SANITARIOS				\$ 682.328,80
8	INSTALACIONES ELECTRICAS				\$ 1.678.069,02
9	INSTALACIONES HIDRAULICAS				\$ 529.611,63
10	PISOS				\$ 1.156.745,73
11	MAMPOSTERIA				\$ 4.827.312,00
12	ESTRUCTURA METALICA				\$ 929.831,90
13	CUBIERTA				\$ 1.662.028,45
14	PAÑETES				\$ 243.748,19
15	CARPINTERIA METALICA				\$ 1.338.790,40
16	ENCHAPES				\$ 496.738,66
17	VIDRIOS				\$ 91.744,16
VALOR TOTAL COSTOS DIRECTOS					\$ 25.183.221,37
ADMINISTRACIÓN				18%	\$ 4.532.979,85
IMPREVISTOS				1%	\$ 251.832,21
UTILIDAD				6%	\$ 1.510.993,28
VALOR TOTAL COSTOS INDIRECTOS					\$ 6.295.805,34
VALOR TOTAL VIVIENDA					\$ 31.479.026,71

El presupuesto desarrollado mediante metodología BIM fue un presupuesto más transparente, en este no se consideraron ninguno de los reprocesos que se pueden presentar, considerando que estos no deberían presentarse si se lleva un control eficaz en cada uno de los proyectos. Todos los valores de materiales y precios unitarios fueron tomados no solo de la Agencia de Infraestructura del Meta “AIM” si no también de Construdata, Acueducto y

alcantarillado de Villavicencio, Empresa de servicios públicos del Meta “EDESA” y la alcaldía del municipio del Dorado.

Una de las principales ventajas de la metodología BIM es que permite realizar un recuento organizado de los materiales a utilizar mediante el software Revit, de acuerdo a esto se construyeron los planos y se obtuvieron los recuentos de materiales.

El estudio de mercado desafortunadamente no se pudo llevar a cabo presencialmente, pero se llevó a cabo un estudio por medio de plataformas tecnológicas en donde se logró un buen resultado en varias bases de datos; esto permitió obtener una reducción de \$ 2.153.371,09 en el valor total de la construcción por unidad de vivienda incluyendo AIU.

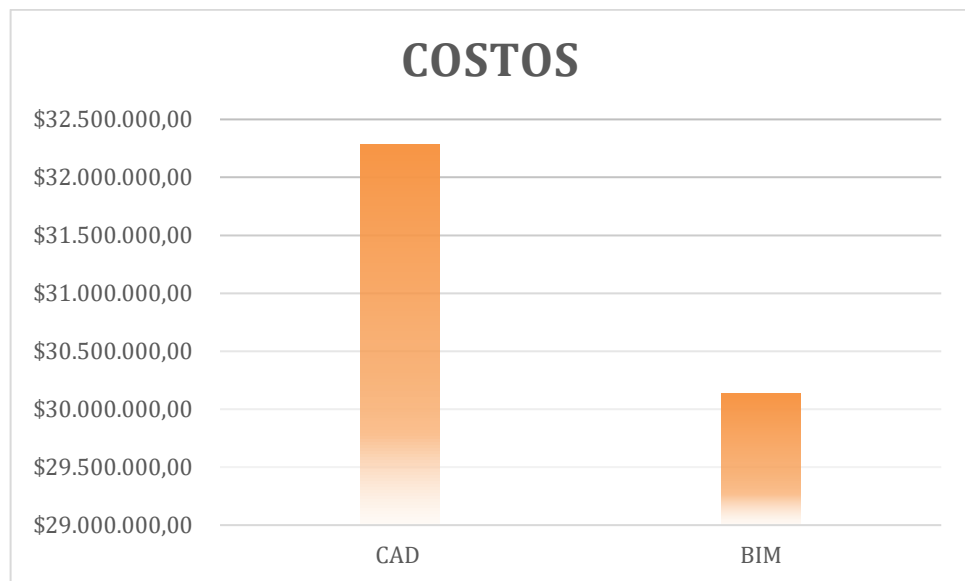
Figura 41. Análisis presupuesto modificado

PRESUPUESTO PARA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL Y PRIORITARIO						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	VALOR CAPITULO
1	PRELIMINARES					\$ 293.999,67
2	RELLENOS					\$ 142.161,33
3	EXCAVACIONES					\$ 593.839,84
4	CIMENTACIONES					\$ 4.105.882,62
5	ESTRUCTURAS EN CONCRETO					\$ 5.901.200,86
6	INSTALACIONES SANITARIAS					\$ 940.739,92
7	APARATOS SANITARIOS					\$ 669.883,70
8	INSTALACIONES ELECTRICAS					\$ 1.551.475,41
9	INSTALACIONES HIDRAULICAS					\$ 467.105,96
10	PISOS					\$ 1.029.161,56
11	MAMPOSTERIA					\$ 4.519.332,00
12	ESTRUCTURA METALICA					\$ 884.880,00
13	CUBIERTA					\$ 1.539.037,18
14	PAÑETES					\$ 213.510,00
15	CARPINTERIA METALICA					\$ 1.338.790,40
16	ENCHAPES					\$ 416.789,81
17	VIDRIOS					\$ 91.744,16
VALOR TOTAL DE UNA UNIDAD DE VIVIENDA ACTUALIZADA						\$ 24.699.034,43
VALOR TOTAL DE UNA UNIDAD DE VIVIENDA ACTUALIZADA + AIU						\$ 30.132.821,91

Fuente: Propia

En el desarrollo de este análisis se debe tener en cuenta que lo único que ha sido objeto de cambio son los precios unitarios de cada una de las actividades adjuntas a los 17 capítulos del presupuesto oficial, las cantidades y las unidades no han sido modificadas por recomendación de planos.

La disminución de los costos de un presupuesto a otro, se debe a la no utilización de reprocesos y la actualización de precios unitarios.



Fuente: Propia

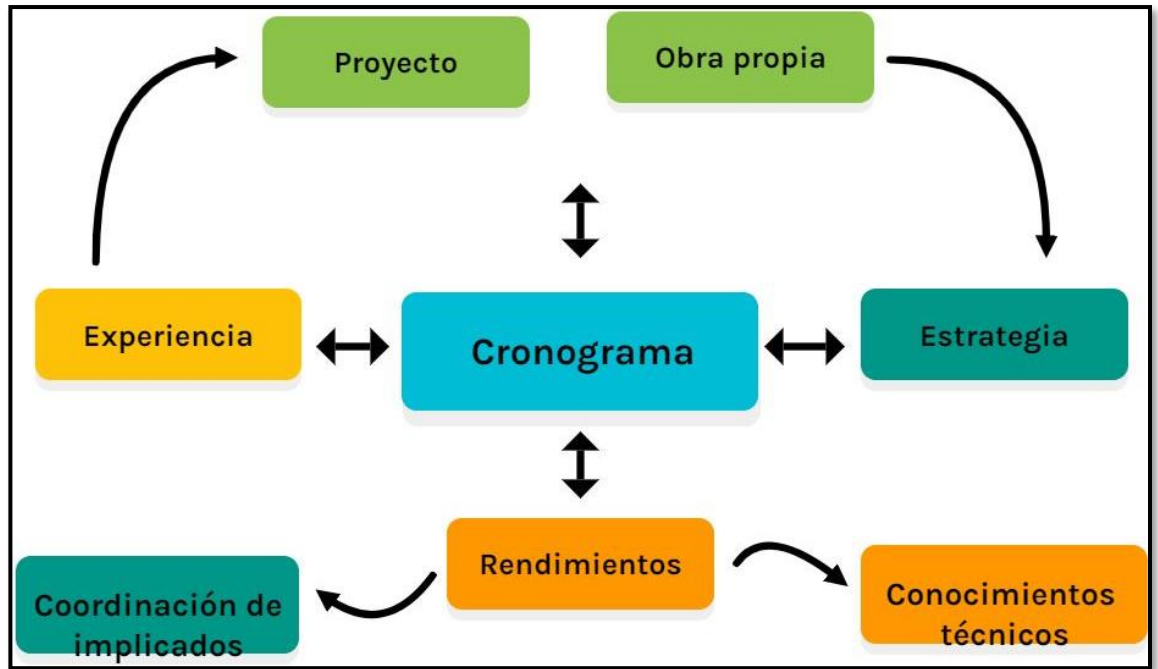
Este análisis con respecto a los costos del proyecto “San Nicolas” ha arrojado resultados positivos, resulta que se obtiene un valor aproximado de cerca del 6.44% por debajo del precio ejecutado mediante la metodología tradicional.

Esto lo que nos quiere decir es que, si aplicamos la metodología BIM para este proyecto, se tendría un proyecto un poco más económico, puesto que no se tienen en cuenta los reprocesos por el control efectivo que se le da a cada uno de los procesos durante la ejecución.

6.8.3. ELABORACIÓN Y DESARROLLO DEL CRONOGRAMA

Un programa o cronograma de obra es un plan o estrategia de seguimiento donde ninguna de las líneas debe estar afectada o en casos extremos fallar. El programa de obra nos sirve para preparar la obra, definir una gran metodología de trabajo y evaluar y confirmar si las dos actividades anteriores se están ejecutando de buena manera.

Figura 42. Construcción del cronograma

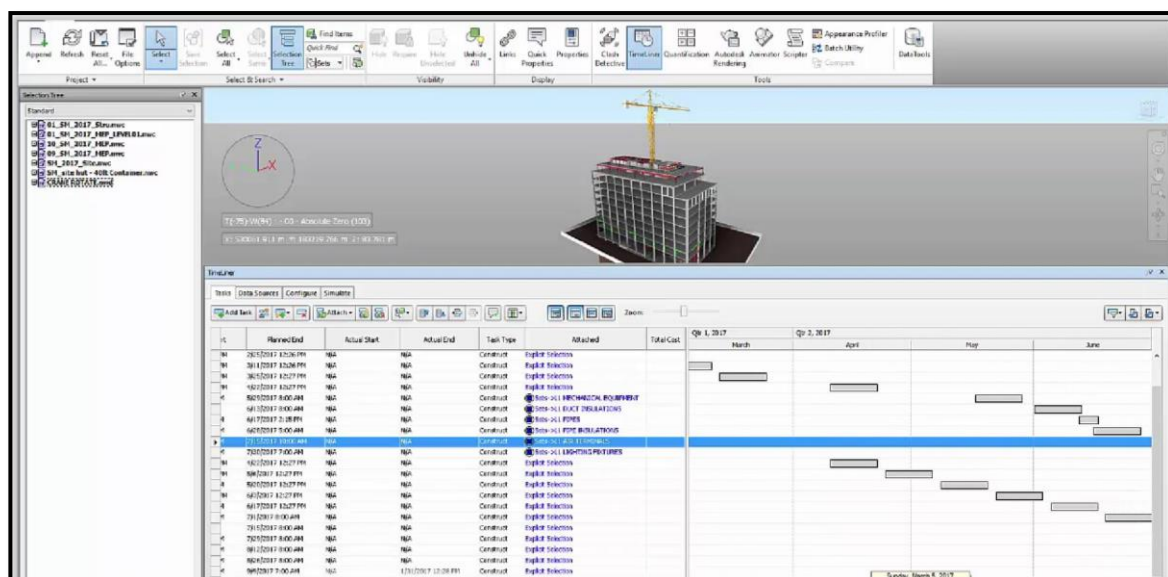


Fuente: Propia

Mediante metodología BIM la elaboración del cronograma general de obra es una consecuencia de pasos definidos. Cuando ya se ha finalizado el conjunto de modelos en 3D usualmente en el software Autodesk Revit, el paso siguiente es asociar o integrar estos modelos con cada una de las actividades o tareas de planificación del trabajo de obra.

El modelo en general ya tendrá que haber sido elaborado en una fase anterior del proyecto y la ejecución de las unidades de obra de este modelo son las que se van a planificar. Para llevar a cabo el desarrollo de la planificación de obra, esta puede ser ejecutada mediante Ms-Project o en primavera.

Figura 43. Creación de cronograma de actividades (Naviswork)



Fuente: Propia

Ya finalizada la interacción entre Ms Project y Naviswork, este último confiere la posibilidad de visionar como avanza el crecimiento de la obra conforme avanza el tiempo. Con este software se tiene la oportunidad de editar modelos y desarrollar el seguimiento del avance de la obra en una fecha concreta visionando el estado real de la obra y como era el estado previsto.

Este elemento es uno de los que más tiene variaciones a lo largo de la ejecución de un proyecto constructivo, de acuerdo al conocimiento y a los softwares que se encuentran en el mercado actualmente, los cálculos de tiempos para cada una de las actividades son muy aproximadas de los tiempos reales a los que se enfrenta un proyecto. Gracias a la actualización y a las características que se incorporan en estos softwares, se llevan a cabo los controles en función del tiempo. Pero no todo es bueno, se sabe que a pesar de tener una buena estrategia, una excelente coordinación y un proceso constructivo eficiente, los proyectos presentan algún tipo de reproceso que genera una discontinuidad en el cronograma.

De igual modo que en el análisis de costos donde se relaciona las dos metodologías, la comparación se hizo basándose en los reprocesos que se pueden llegar a generar al no usar la metodología BIM, se realizaron dos programaciones en las cual una tiene en cuenta el tiempo de generación de

la generación de las dimensiones tres y cuatro de la metodología BIM, y la segunda no tiene en cuenta este tiempo de modelado; sin embargo, se hizo una estimación con posibles reprocesos que llegan a ocurrir.

6.8.4. ANÁLISIS DE TIEMPO DE ACTIVIDADES (CRONOGRAMA) PRESENTADO MEDIANTE METODOLOGÍA CAD CON RESPECTO A METODOLOGÍA BIM

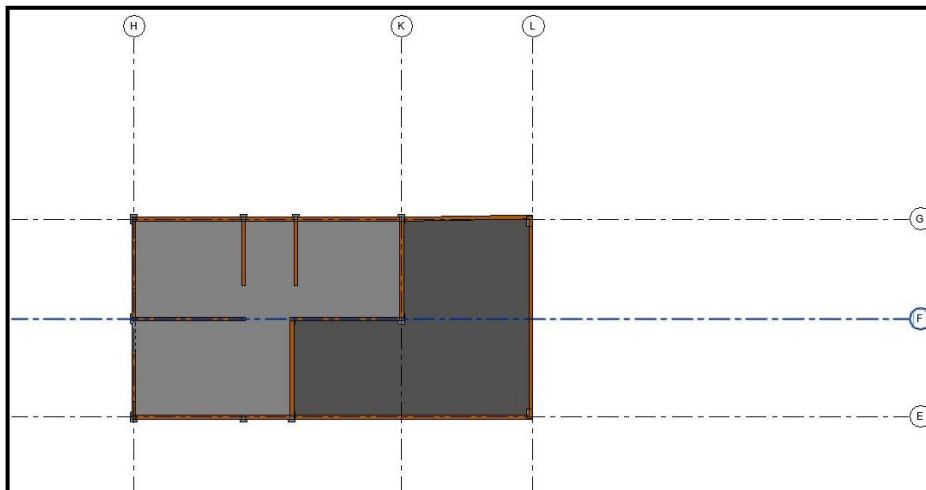
Durante los últimos 10 años todos los proyectos de construcción públicos o privados, utilizan un sistema de modelamiento en 2 dimensiones, generalmente desarrollados mediante el software Autodesk AutoCAD. Además de este tipo de modelamiento, el control y seguimiento de cada una de las actividades pertenecientes al proyecto se llevan a cabo mediante el software Ms-Project.

Esta unión AutoCAD-Ms Project, aunque no perfecta si ha dado resultados de forma eficiente, y facilitan el control, la coordinación y el progreso de cualquier obra. Pero, aunque esta gran alianza ha ganado el mercado mundial y ha presentado los mejores resultados durante los últimos años, en algunas ocasiones no controla algunos campos de trabajo que comúnmente se llevan a cabo en obra. Se tiene claro que los datos suministrados al software Ms Project son los mismos o un resumen de las cantidades observadas en el presupuesto, esta maniobra hace que los datos y los resultados dependan estrictamente de lo que se agregue por parte del modelador.

Llevar a cabo un proyecto constructivo mediante metodología BIM, de acuerdo a los análisis detalla una reducción significativa en la ejecución de las actividades, pero este a su vez requiere de un tiempo prolongado y superior en la etapa de prefactibilidad y estrategia. Dado el caso que en Colombia no se tiene mucha experiencia con proyectos BIM las compañías no están adecuadamente capacitadas para iniciar y desarrollar un proyecto con tecnologías que permiten mejores resultados pero que necesitan de mayor inversión y análisis.

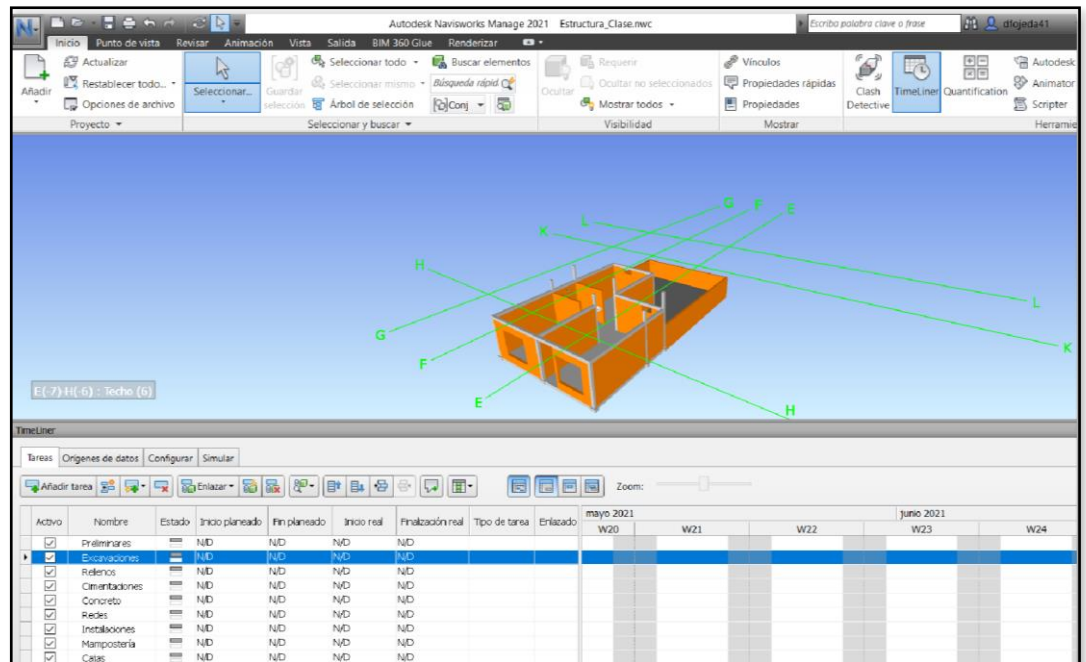
La metodología BIM nos presenta una nueva unión con otros integrantes, mejores softwares y con un porcentaje de efectividad del 90% en la optimización de los procesos. Esta nueva unión es Autodesk Revit – Ms Project – Navisworks Manage, esta nueva alianza llamada en la metodología BIM como cuarta dimensión 4D, genera resultados instantáneos para que cualquier persona involucrada en el proyecto pueda estar actualizado en información de cómo se llevan a cabo el desarrollo de las actividades, de esta forma se controla, se organiza, se coordina y se optimiza un gran porcentaje de tiempo en la ejecución total de la obra.

Figura 44. Planimetría Autodesk Revit



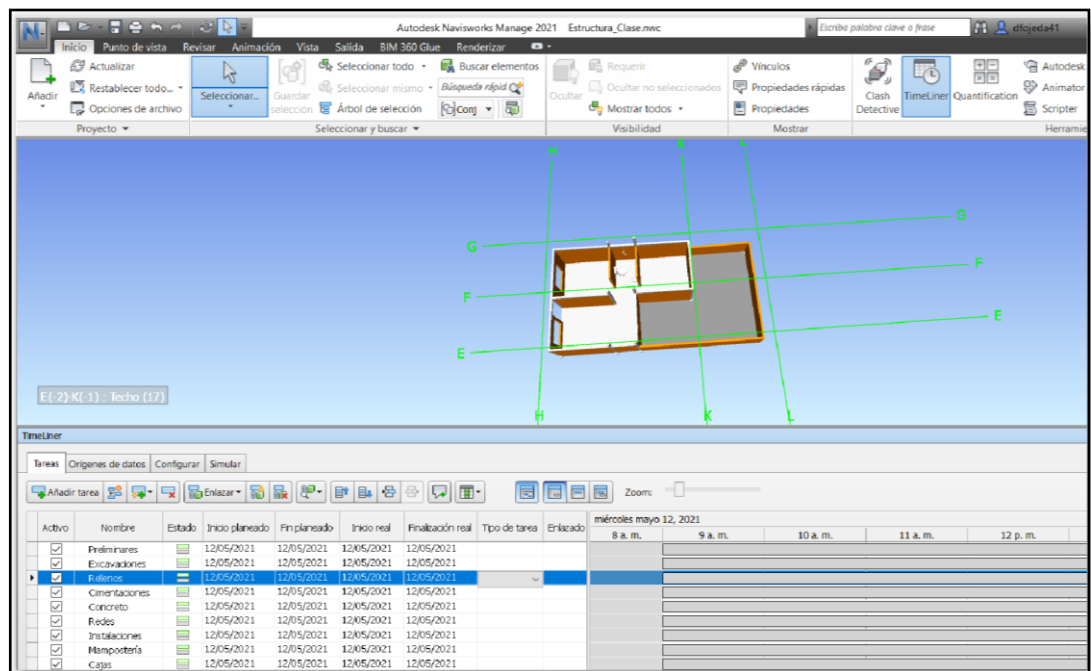
Fuente: Propia

Figura 45. Cronograma de obra en Navisworks



Fuente: Propia

Figura 46. Duración de obra mediante Navisworks



Fuente: Propia

Figura 47. Cronograma modificado mediante metodología BIM

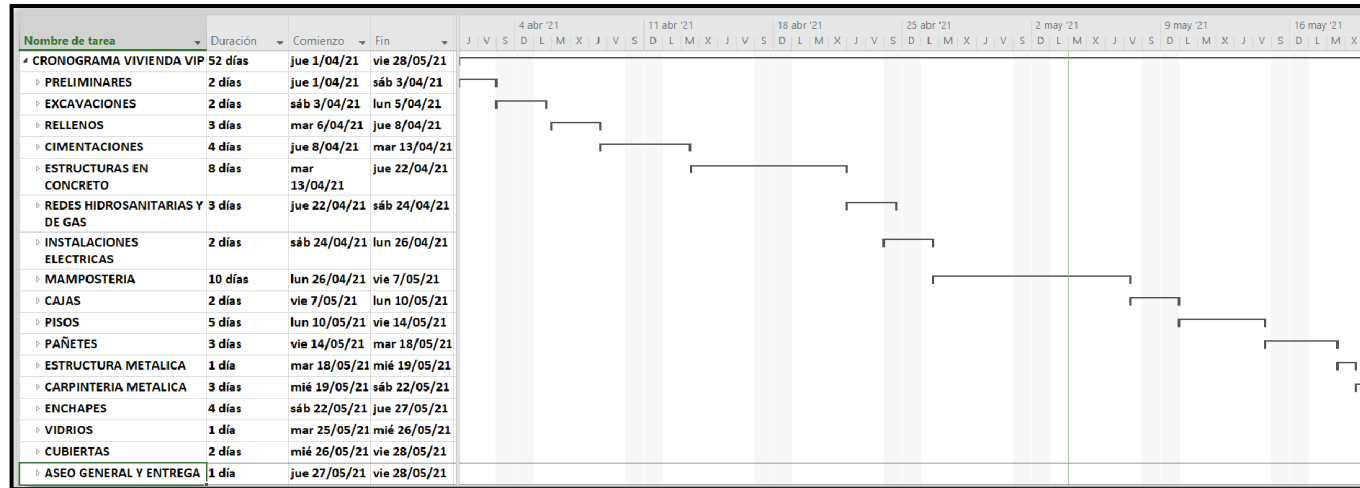
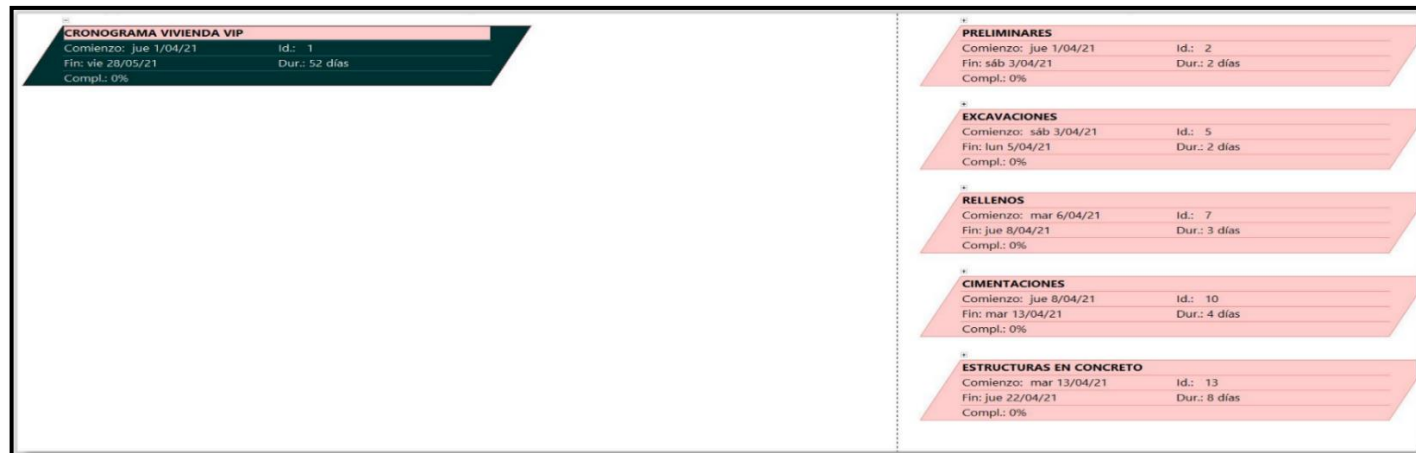


Figura 48. Cronograma Apoyado de Navisworks

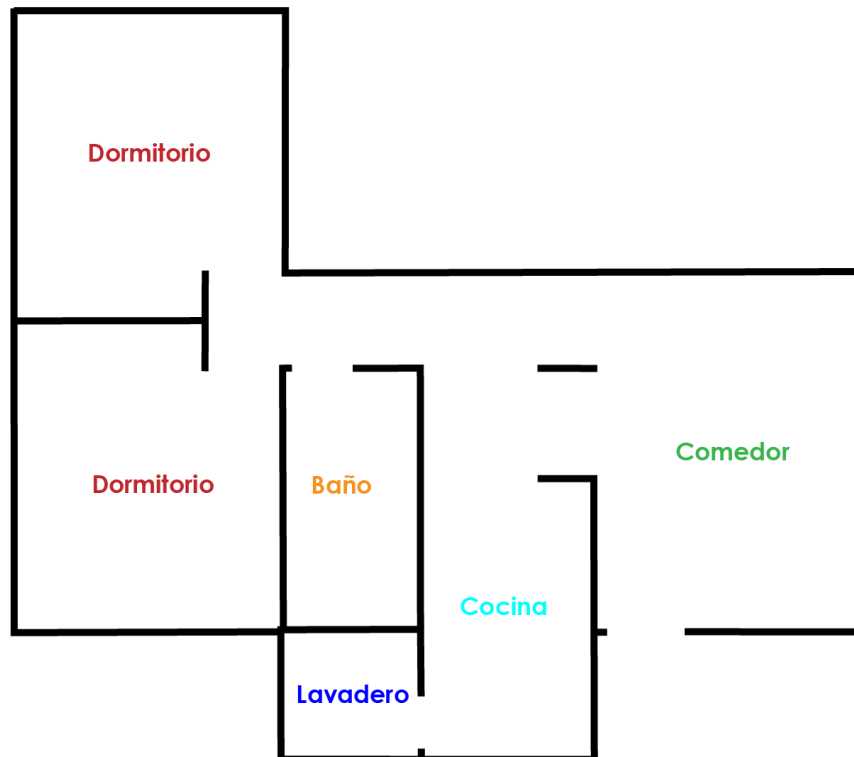


6.8.5. CONSTRUCCIÓN Y VISUALIZACIÓN DE PLANIMETRÍA

Los modelos o tipos de planimetría, son elementos de proyección, indicación y modelamiento que permiten que los proyectos de construcción puedan llevarse a cabo. Estos son creados en la segunda etapa de la vida de nuestro proyecto denominada diseño, pero desde ese momento se convierten en el elemento más importante del proyecto.

La planimetría puede ser arquitectonica, estructural, o de redes; contiene información importante para la ejecución del proyecto y deben ser tan claros y coherentes para que puedan ser interpretados por los involucrados en el mismo.

Figura 49. Modelos planimétricos de construcción



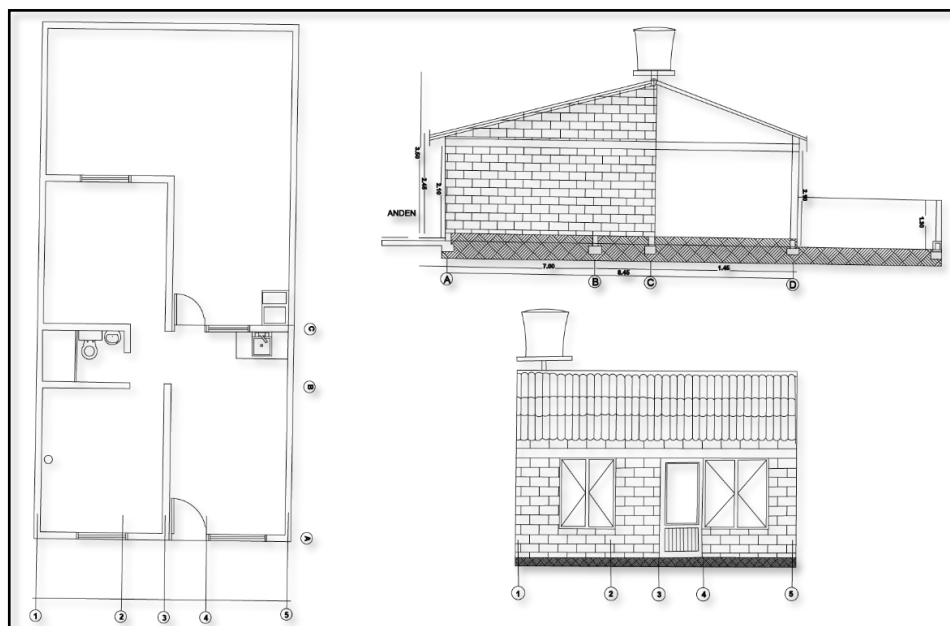
Fuente: Propia

Un plano bien estructurado se conforma del dibujo en específico, el margen necesario, las acotaciones o medidas de indicación, pie de plano, escala, detalles y anotaciones de detalles.

6.8.6. ANÁLISIS DE MODELOS PLANIMETRICOS MEDIANTE METODOLOGÍA CAD CON RESPECTO A METODOLOGÍA BIM

El software general de diseño y dibujo AutoCAD (CAD), es un sistema que se viene utilizando para el direccionamiento y creación de dibujos en 2D y 3D. Esta herramienta es la encargada actualmente de crear y objetivar todo lo relacionado a planimetría en un proyecto constructivo. De acuerdo a la información anterior se analiza que el proyecto “San Nicolas” fue una obra constructiva que se llevó a cabo mediante el uso del software AutoCAD, un software que, aunque tiene unas actualizaciones muy completas y un panel de herramientas que facilitan el trabajo, se dedica y da resultados en un sistema de dibujo 2D. Estos resultados son de buena forma construibles y desarrollables, pero por personas que estén capacitadas en el área de la construcción.

Figura 50. Análisis modelamiento CAD



Fuente: Propia

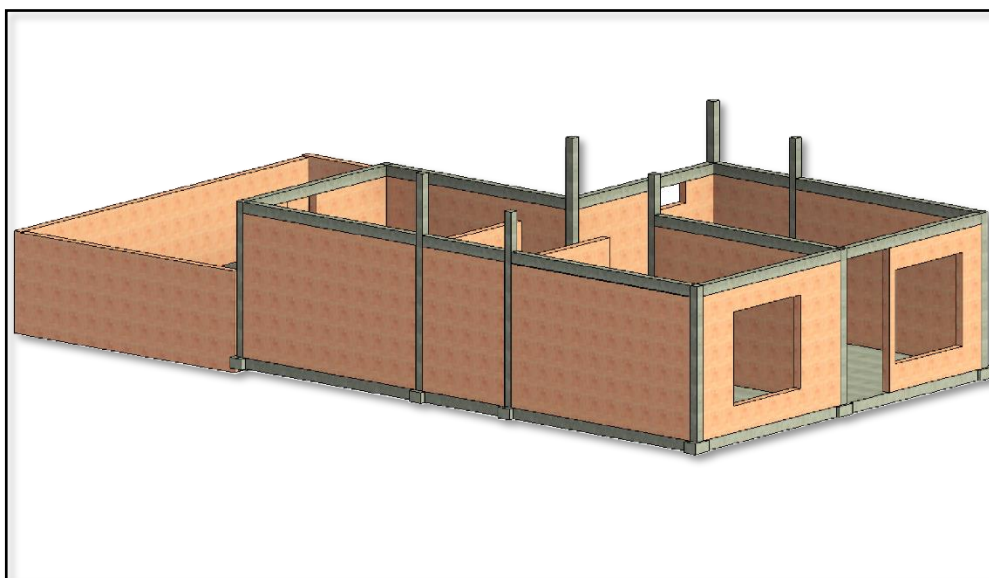
Aunque los planos desarrollados para este proyecto se encontraban completos con líneas base, cotas, descripciones y demás estos son solo observados en un sistema de 2 dimensiones. La revisión de los planos se torna un poco complicado y con grandes problemáticas puesto que no se pueden detectar los errores e interferencias entre disciplinas y elementos,

esto se refiere a que los dibujos en CAD se realizan por vistas individuales por tal motivo se desarrollan en diferentes planos.

La planimetría desarrollada por el contratista “Provivienda” muestra sencillamente la forma, medidas y características generales de cada uno de los materiales de construcción. Como se comentó anteriormente este modelamiento es de difícil entendimiento, de poco trabajo en equipo y de revisión individual hasta lograr el alcance propuesto.

La otra metodología es un método innovador, eficiente y colaborativo, el software Autodesk Revit es un sistema tecnológico de dibujo en 3D o 3 dimensiones que permite una coordinación entre todas las disciplinas que están involucradas en el proyecto. Con este software se puede detectar de manera rápida los errores e interferencias entre todas las disciplinas.

Figura 51. Análisis de modelamiento en Revit



Fuente: Propia

Esta metodología permite llevar un reconocimiento en tiempo real de como se encuentran cada una de las fases de la obra. Se ha podido evidenciar que mediante software AutoCAD los modelos y vistas de cada una de las propiedades inmersas en el proyecto son netamente informativas y poco ayudan a coordinar las acciones de trabajo. Llevando a cabo la modelación

completa de una obra en el software Autodesk Revit se genera un cambio de gran viabilidad y aceptación para las fases del proyecto.

Revit permite observar la obra o construcción en un sistema 3D donde se unen y se visualizan todas las secciones y vistas del dibujo, además contiene unos recursos que modelan todo el dibujo de acuerdo a la realidad con materiales y equipos actualizados. Definitivamente la creación de modelos mediante metodología Bim utilizando el software Revit es un paso gigante a la nueva forma de construcción, es una seguidilla de pasos y procedimientos que se encajan unos con otros y mejoran todas y cada una de las fases a las que una obra se encuentra expuesta.

6.9. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS METODOLOGÍAS UTILIZADAS

De acuerdo al análisis que se llevó a cabo en los capítulos anteriores se puede determinar las siguientes ventajas y desventajas para la metodología tradicional CAD:

- Es fácil de adquirir y de encontrar
- Su proceso de implementación no necesita especialistas
- Utiliza softwares comunes y de fácil acceso
- Es una metodología formativa
- No tiene buena recepción de información
- No tiene un buen control con el proceso de tiempo y cronograma de obra
- No tiene un buen control con el proceso de costos y presupuestos de obra
- Tiene vacíos importantes en cuanto a modelamiento 2D y 3D
- Presenta pocas actualizaciones año por año

De acuerdo al análisis que se llevó a cabo en los capítulos anteriores se puede determinar las siguientes ventajas y desventajas para la metodología BIM:

- Posee un excelente control en el proceso de tiempo y cronograma de obra
 - Posee un excelente control y aprovechamiento en el proceso de costos y presupuestos de obra
 - Su sistema de modelamiento en Revit es innovador y procesa toda información en tiempo real y con datos reales
 - Su sistema colaborativo permite que cualquier persona involucrada en el proyecto pueda interactuar con la obra en el momento necesario
 - Sus nuevos sistemas y herramientas de softwares como Revit, Navisworks, ArchiCAD y Project son completos e innovadores
-
- Su implementación no es fácil
 - Su implementación tiene un costo alto
 - Las personas a involucrar deben ser capacitadas
 - Las herramientas y Softwares no se encuentran fácilmente
 - No se tiene mucha experiencia por la poca aceptabilidad
 - No hay muchos proyectos visorios por la poca implementación en el país

6.10. APOORTE DE LOS RESULTADOS A LA GERENCIA DE OBRAS

Los proyectos constructivos o de obras de infraestructura en Colombia, durante mucho tiempo han sido el tema de conversación por las pautas, procesos y formas de desarrollarse. Se debe tener claro que, aunque cada proyecto es diferente y único, estos poseen una similitud en los procesos de ejecución.

Se entiende por gerencia direccionar y coordinar todos los procesos involucrados en un proyecto desde los iniciales como idea del proyecto, estrategia y desarrollo en los que se incluye (aspectos técnicos, sociales y ambientales), hasta los finales como control y entrega.

Durante muchos años en Colombia y algunos países de Suramérica los proyectos de construcción han sido un derroche de tiempo y dinero, esto en cada una de las etapas que lo componen haciendo que la construcción de

infraestructura no sea un negocio rentable. Problemas desde la fase de prefactibilidad con los estudios de mercado, estudios de terreno y estrategia de desarrollo; Problemas en la fase de ejecución con una descoordinación y un bajo control en el desarrollo y problemas en la fase de finalización y entrega con proyectos pronosticados para 12 meses y terminan entregándose a los 3 años.

Por las razones anteriormente mencionadas hoy en día la gerencia de obras es un reto complicado de afrontar, pero bueno, rentable y satisfactorio si se ejecuta con una buena metodología y unas buenas herramientas.

Analizando los resultados de esta investigación, se puede determinar que la inclusión de nuevas y mejores metodologías para el desarrollo de proyectos constructivos como lo es la metodología BIM con sus herramientas Ms Project, Autodesk Revit, Navisworks Manage y demás, mejoran y controlan eficazmente los procesos de costos, tiempos y modelamientos. Esto quiere decir que al mejorar estos procesos se mejoran las fases involucradas en la vida de un proyecto constructivo, al tener mayor control se mejoran los tiempos y costos de un proyecto.

6.11. COMO SE RESPONDE A LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Llevar a cabo un proyecto de construcción mediante metodología BIM hoy en día no es rentable debido a la capacidad y a la falta de conocimiento. Desarrollar cualquier obra utilizando BIM es implementar una serie de elementos que actualmente no son económicos, de difícil adquisición y con una inversión grande de recursos humanos y monetarios.

Aunque a continuación en la explicación de los procesos de costos y tiempos se observaran unas mejoras indescriptibles entre una y otra metodología, los tiempos y los costos mejoran significativamente, pero hay que tener en cuenta que el trabajo se llevó a cabo sin tener en cuenta lo que puede llegar a costar la implementación de la metodología en una empresa.

Los tiempos del proyecto San Nicolas: A lo largo de este trabajo se ha mencionado que la metodología tradicional CAD, es una metodología buena

y que ya se encuentra implementada en cualquier empresa, consorcio o compañía del sector de las construcciones. Este proyecto desarrollado originalmente mediante esta metodología ha demostrado que tiene un tiempo estimado de ejecución de 132 días para la construcción de una unidad de vivienda de tipo VIS con 10 días en la fase inicial, 62 días en la fase intermedia y 60 días en la fase final, a simple vista se nota que este proyecto posee un sobre tiempo o extra tiempo en la ejecución de la fase constructiva.

Llevando a cabo este mismo proyecto mediante la moderna e innovadora metodología BIM y omitiendo la fase de introducción y comprensión de la metodología se puede observar que los tiempos en la fase constructiva tienen una reducción significativa y más consistente con la realidad. De un proyecto que originalmente se tardaba en construir 132 días, mediante la utilización de esta metodología se redujo a 52 días divididos en 7 días en su fase inicial, 32 días en su fase intermedia y 13 días en su fase final.

Es una metodología buena, innovadora y eficaz que reduce los tiempos de trabajo de este proyecto en un 120 % debido a que se lleva a cabo un control, análisis y una coordinación integral y adecuada entre los involucrados del proyecto.

Para concluir se resume que la metodología tradicional CAD tiene un impacto negativo en función de tiempos para la ejecución de este proyecto. Por el contrario, la metodología BIM presenta un impacto positivo al reducir de manera redundante los tiempos de ejecución.

Los costos del proyecto San Nicolas: Respecto a costos este proyecto no muestra una superioridad de una metodología respecto a la otra, pero si se evidencia una leve reducción de estos.

Mediante metodología tradicional CAD se logra observar que este proyecto tenía un costo por unidad de vivienda de \$ 32.286.193,000 una inversión de \$ 244. 592,71 por día de trabajo, aunque este valor no está afuera de la realidad es un costo que a medida de retrasos en el cronograma o sea factor tiempo este sigue incrementando de forma negativa.

Por otro lado, mediante metodología BIM los costos de construcción por unidad de vivienda se aproxima a \$ 30.132.821,91 con una inversión de \$ 579.477,327 por día de trabajo. Es un valor muy acertado, consecuente con

el tipo de obra y que no da cupo a un posible aumento por que los tiempos mediante esta metodología son reales y direccionados.

Resumiendo lo anterior, se puede deducir que la metodología tradicional CAD tiene un impacto negativo en el proceso de costos pues como este proceso va ligado directamente con el proceso de tiempo y cronograma los valores pueden llegar a ser extremos. Por el contrario, con la metodología BIM se observa un impacto positivo, este reduce de buena forma los costos totales del proyecto y se adecuan de buena forma a los tiempos que desprenden los cronogramas.

7. NUEVAS ÁREAS DE ESTUDIO

- Llevar a cabo un análisis completo a todo el proyecto en este caso a la urbanización completa y no solo a una unidad de vivienda, desde su proceso inicial de prefactibilidad hasta su proceso de entrega.
- Llevar a colación los requisitos y pautas generadas por el PMBOCK para el direccionamiento de proyectos de construcción en proyectos de viviendas de interés social y desarrollarla con BIM.
- Desarrollar un proyecto de igual magnitud, pero con diferentes formas de construcción.

8. CONCLUSIONES

- Haber llevado a cabo este proyecto mediante metodología BIM generó grandes beneficios respecto a costos y tiempos. Se pudo establecer que las cantidades no son objeto de cambio, los costos se analizan y generando un cronograma real y demostrativo los tiempos del proyecto se reducen significativamente generando grandes beneficios económicos.
- Se pudo llevar a cabo la implementación de la metodología BIM en el proyecto San Nicolas centrando las capacidades en la construcción total de una unidad de vivienda y logrando obtener resultados satisfactorios como lo muestran las gráficas de Project y Revit.
- La metodología BIM, por medio de sus herramientas permite evitar o solucionar de manera rápida los reprocesos y las dificultades que se pudieran presentar en las fases del proyecto, para que no afecten la fase de construcción.
- Los recursos de tiempos y costos implementados mediante metodología BIM son supremamente inferiores a los implementados por la metodología tradicional CAD, esto implica mayores ganancias para las compañías y mejores tiempos de ejecución.
- Debido a que la metodología BIM tiene un sistema donde se involucran positivamente el 2D, 3D, 4D y 5D las personas que hacen parte de este pueden tener totalmente el control y la coordinación del 100 % del proyecto.
- La metodología BIM es más eficiente en todas y cada una de las fases que comprenden los proyectos de construcción con respecto a la metodología tradicional CAD.
- La implementación de metodología BIM en Colombia no es solo cuestión de dinero y tiempo, esta metodología necesita capacitación para recursos humanos, y adquisición fácil de softwares utilizados.

- La metodología tradicional CAD seguirá siendo potencia en Colombia por la capacidad de inversión, la fácil adquisición de elementos y herramientas en el mercado y por el conocimiento que se tiene actualmente de esta en nuestro país.
- Mediante el uso de BIM y su forma de trabajo colaborativa la información y el contenido en la fase de diseño y construcción es de forma única e inmediata.
- El solo uso del sistema de modelamiento 2D como ya es tradicional con CAD debilita el entendimiento en general y no presentan toda la información requerida, que solo se ve reflejada cuando la obra va avanzando.
- Conocer un poco acerca de esta nueva metodología, es despertar en un nuevo mundo con mejores expectativas y con grandes propósitos de construcción.

9. BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, Antonio, DE LA HOZ, María, MARTINEZ, María, RUÍZ, Diego. Review of health and safety management based on BIM methodology. En: Revista técnica. Marzo, 2019. P. 9.

ArchDaily. Metodología Bim, más allá de un software de arquitectura [En línea]. Bogotá: 03 de agosto de 2017. [Citado el 14 de octubre de 2020.]. <https://www.archdaily.co/co/876663/metodologia-bim-mas-alla-de-un-software-de-arquitectura>

ARENSMAN, Douglas y OZBEK, Mehmet. Building Information Modeling and Potential Legal Issues. En: International Journal of Construction Education. Mayo, 2012. P. 146-156.

BERDUGO, Laura y QUINTANA, César. Producción de documentación de costo primo de construcción con ArchiCAD para un proyecto de edificación. Trabajo de grado profesional (Ingeniería civil). Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia, facultad de ingeniería civil, 2019.

BORRMANN, André y KÖNIG, Markus. Building Information Modeling: Why? Que? How? Estados Unidos: Artículo académico, 2018. P. 23-85.

BOUZAS, Manuel. La importancia de una metodología BIM. En: Revista del colegio de ingenieros técnicos de obras públicas, febrero, 2020. P. 5.

BRAVO, Raúl, ABARCA, Francisco y ZAMORANO, Ana. 2016. el Bim (Building Information Modeling) en el urbanismo y su interacción con el Gis. España: artículo para congreso. Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Granada. 2016.

CAPDEVILA, Rafael. Direcció d'execució d'obra amb tecnologia BIM. En: artículo de revista Cataluña, junio, 2018.

CARNEIRO, Natalia y MACIEL, Carolina. The Use of BIM 4D and BIM 5D Methodology for the Construction Management: Systematic Review of the Literature. En: revista de paperclass, junio, 2020. P. 11.

CEPEDA, Nelson y MONROY, Edgar. Modelo conceptual para la creación de una empresa constructora bajo el enfoque Building Information Modeling y Lean

Construction caso de estudio Sogamoso – Boyacá. Trabajo de grado profesional (Gerencia de Obras). Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia, Facultad de posgrados, 2019.

CERÓN, Ismael y LIÉVANO RAMOS, David. Plan de implementación de metodología BIM en el ciclo de vida en un proyecto. Trabajo de grado profesional (Gerencia de Obras). Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia, Facultad de posgrados, 2017.

DUARTE, Naisir. Razón de costo efectividad de la implementación de la metodología BIM y la metodología tradicional en la planeación y control de un proyecto de construcción de vivienda en Colombia. Trabajo de grado profesional para optar por el título de magíster en ingeniería. Bogotá D.C.: Pontifica Universidad Javeriana, 2014.

Editeca, 2018. El Bim en Latinoamérica [En línea] 22 de febrero de 2018. [Citado el 15 de octubre de 2020.] <https://editeca.com/bim-en-latinoamerica/>

Equipo Fundación Laboral de La Construcción. 2020. Qué es BIM [Consulta 22-10-2020] Disponible en: <http://www.entornobim.org/entorno-bim/que-es-bim> 15(4), 203-223.

GIMÉNEZ, Mónica. 2019. Qué es Bim o modelado de información de construcción [En línea] 15 de agosto de 2019. [Citado el 14 de octubre de 2020.] <https://www.hiberus.com/crecemos-contigo/que-es-bim-construccion/>

GÓMEZ, Julián Manuel. Análisis comparativo entre metodologías de presupuestación tradicional racional y con herramientas tecnológicas revit (Bim). Trabajo de grado profesional (Ingeniería civil). Bogotá D.C.: Universidad católica de Colombia, 2016.

GONZÁLEZ, Wilmer y Lesmes, Camilo. Siete dimensiones de un proyecto de construcción con la metodología Building Information Modeling. Colombia: artículo de revista Santo Tomás. 2017.

Grzyl, Beata. Building Information Modeling in Small and Middle Sized . Gdansk, Poland : IOP Publishing, 2019. 1.

GUTIÉRREZ, Aitor José. Análisis comparativo entre técnicas del CTE y técnicas BIM para el cálculo de la limitación de demanda energética en edificios. España: Universidad politécnica de Valencia. 2012.

Liu, W, Gui, Li, H., & Li, Y. Using BIM to improve the design and construction of bridges projects: A case study of a long-span steel-box bridge project. International Journal of Advanced Robotic Systems, China: 11, 2014.

LÓPEZ, Alejandro. 2016. Una revolución llamada BIM. Colombia: artículo de revista. Revista técnica CEMENTO HORMIGÓN 2018.

MATEUS, Jefferson y PAREDES, Juan. Análisis de tiempos y costos de implementación de impresoras 3d para proyectos de construcción desarrollado en Colombia con metodología BIM. Trabajo de grado profesional (Gerencia de obras). Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia, 2020.

COLOMBIA. MINISTERIO DE VIVIENDA NACIONAL. Especificaciones técnicas, vivienda y obras de urbanismo [En línea] 19 de marzo de 2016. [Citado el 14 de octubre de 2020.]
<http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioVivienda/141127%20ANEXO%20TECNICO%20PVG%202.pdf>

PATACAS, Joao Luis. Metodologia para apoiar processos colaborativos na indústria da construção com base em interoperabilidade e BIM. Brasil: Trabajo de grado profesional. Nova, Brasil: Repositorio universidad de Nova, 2012.

PÉREZ MARTINEZ, José. Docencia colaborativa en BIM. Desde la tradición y dirigida por la expresión gráfica arquitectónica. España: Revista Polipapers 2018.

PINZÓN, Henry y PARDO, Fidel. Implementación de la metodología BIM en el proyecto Carrá-Cusezar para la supervisión técnica en etapa de estructura. Trabajo de grado profesional para optar por el título de especialista en gerencia de obras. Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia, 2020.

RINCÓN, David y NIÑO, Camilo. Modelado de proyecto de infraestructura en cuatro dimensiones. Trabajo de grado profesional (Ingeniería civil). Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia, 2019.

RODRÍGUEZ, Leidy y ESPITIA, Martín. Producción de costo primo de construcción con Revit para un proyecto de edificación. Trabajo de grado profesional (Ingeniería civil). Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia, 2019.

ROJAS, Jonathan. Aplicación de la metodología Bim para uso eficiente de los recursos en la construcción (redes hidrosanitarias y estructura). caso de estudio:

proyecto nueva sede politécnico gran colombiano. Trabajo de grado profesional (Ingeniería civil). Bogotá D.C: Universidad católica de Colombia, 2017.

SÁNCHEZ, Juan. El futuro de Bim en Latinoamérica [En línea] 13 de septiembre de 2016. [Citado el 26 de octubre de 2020.] <https://blog.acaddemia.com/el-futuro-de-bim-en-latinoamerica/>

SÁNCHEZ, Laura. Qué es un presupuesto [En línea] 12 de abril de 2019. [Citado el 14 de octubre de 2020.] <https://www.emprendepyme.net/que-es-un-presupuesto.html>

SANTOS, Jorge Miguel. Principios para el desarrollo de proyectos con recursos y herramientas BIM. Brasil: Trabajo de investigación. Universidad do porto. 2013.

SIEMENS. 2008. Diseño Asistido por Ordenador. [En línea] 07 de enero de 2008. [Citado el 24 de octubre de 2020.] <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/our-story/glossary/computer-aided-design-cad/12507>.

VERA GALINDO, Carmen. Aplicación de la metodología BIM a un proyecto de construcción de un corredor de transporte para un complejo industrial. Costes Modelo BIM 5D. Trabajo de grado profesional. Rioja: Deposito de investigación universidad de Sevilla, 2018.